

IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS MINERALES EN LAS ÁREAS DE
INFLUENCIA DE LA EMPRESA BOYMING S.A.S. DE LOS MUNICIPIOS DE
PAIPA, FIRAVITOVA, IZA Y PESCA DEL DEPARTAMENTO (BOYACÁ,
COLOMBIA) A PARTIR DE CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA

NELSY PATRICIA LÓPEZ TORO

CRISTIAN JULIÁN RUIZ DÍAZ

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

SOGAMOSO

2017

IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS MINERALES EN LAS ÁREAS DE
INFLUENCIA DE LA EMPRESA BOYMING S.A.S. DE LOS MUNICIPIOS DE
PAIPA, FIRAVITOVA, IZA Y PESCA DEL DEPARTAMENTO (BOYACÁ,
COLOMBIA) A PARTIR DE CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA

NELSY PATRICIA LÓPEZ TORO

CRISTIAN JULIÁN RUIZ DÍAZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniero
geólogo

Director: Ingeniero Geólogo – Laura Alexandra Barrantes Pérez

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA

FACULTAD SECCIONAL SOGAMOSO

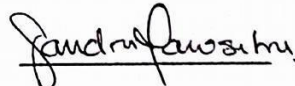
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLÓGICA


SOGAMOSO

2017

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado


Jurado


Jurado

Sogamoso 14, Marzo, 2017

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	166
ABSTRAC.....	177
1. INTRODUCCIÓN	18
2. OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3. GENERALIDADES.....	20
3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	20
3.2 LOCALIZACIÓN	20
3.3 VÍAS DE ACCESO	22
4. MARCO TEÓRICO.....	23
5. METODOLOGÍA DE TRABAJO	25
5.1 METODOLOGÍA.....	25
5.1.1 ETAPA 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	26
5.1.2 ETAPA 2: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	26
5.1.3 ETAPA 3: SALIDA DE CAMPO	26
5.1.4 ETAPA 4: CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	27
5.1.5 ETAPA 5: CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA:	27
5.1.6 ETAPA 6: IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS MINERALES	31
5.1.7 ETAPA 7: RESULTADOS Y CONCLUSIONES	31
6. GEOLOGÍA	32
6.1 GEOLOGÍA REGIONAL	32
6.2 GEOLOGÍA LOCAL	34
6.2.1 MUNICIPIO DE PAIPA	34
6.2.2 MUNICIPIO DE FIRAVITOBA	38
6.2.3 MUNICIPIO DE IZA.....	46
6.2.4 MUNICIPIO DE PESCA	52
7. MAPA GEOMORFOLÓGICO	57
7.1 AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS	58

8. ANÁLISIS PETROGRÁFICO, MACROSCÓPICO Y MICROSCÓPICO	62
8.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 1	62
8.1.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 1	63
8.2 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 2	65
8.2.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 2	66
8.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 3	67
8.3.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 3	68
8.4 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 4	70
8.4.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 4	71
8.5 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 5	73
8.5.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 5	74
8.6 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 6	76
8.6.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 6	77
8.7 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 7	79
8.7.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 7	80
8.8 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 8	82
8.8.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 8	83
8.9 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 9	85
8.9.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 9	86
8.10 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 10	88
8.10.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 10	89
8.11 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 11	91
8.10.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 11	92
8.12 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 12	93
8.12.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 12	94
8.13 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 13	96
8.13.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 13	97
8.14 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 14	99
8.14.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 14	100
8.15 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 15	102
8.15.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 15	103

8.16 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 16	105
8.16.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 16	106
8.17 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 17	108
8.17.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 17	109
8.18 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 18	111
8.18.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 18	111
8.19 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 19	114
8.19.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 19	115
8.20 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 20	117
8.20.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 20	118
8.21 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 21	120
8.21.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 21	121
8.22 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 22	123
8.22.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 22	124
8.23 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 23	126
8.23.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 23	127
8.24 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 24	129
8.24.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 24	130
8.25 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 25	131
8.25.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 25	132
8.26 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 26	134
8.26.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 26	135
9. RESULTADOS	138
9.1 PAIPA	138
9.2 FIRAVITOBA	140
9.3 IZA	141
9.4 CUITIVA	142
9.5 PESCA	142
10. CONCLUSIONES	144
11. RECOMENDACIONES	146
12. BIBLIOGRAFÍA	147

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #1	63
TABLA 2 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #1 POR CONTEO DE PUNTOS	64
TABLA 3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #2	65
TABLA 4 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #2 POR CONTEO DE PUNTOS	67
TABLA 5 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #3	68
TABLA 6 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #3 POR CONTEO DE PUNTOS	70
TABLA 7 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #4	71
TABLA 8 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #4 POR CONTEO DE PUNTOS	72
TABLA 9 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #5	74
TABLA 10 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #5 POR CONTEO DE PUNTOS	75
TABLA 11 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #6	76
TABLA 12 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #6 POR CONTEO DE PUNTOS	78
TABLA 13 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #7	79
TABLA 14 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #7 POR CONTEO DE PUNTOS	81
TABLA 15 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #8	83
TABLA 16 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #8 POR CONTEO DE PUNTOS	84
TABLA 17 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #9	86
TABLA 18 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #9 POR CONTEO DE PUNTOS	87
TABLA 19 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #10	89
TABLA 20 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #10 POR CONTEO DE PUNTOS	90
TABLA 21 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #11	91
TABLA 22 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #11 POR CONTEO DE PUNTOS	93

TABLA 23 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #12	94
TABLA 24 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #12 POR CONTEO DE PUNTOS.....	96
TABLA 25 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #13	97
TABLA 26 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #13 POR CONTEO DE PUNTOS.....	99
TABLA 27 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #14	100
TABLA 28 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #14 POR CONTEO DE PUNTOS.....	102
TABLA 29 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #15	103
TABLA 30 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #15 POR CONTEO DE PUNTOS.....	105
TABLA 31 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #16	106
TABLA 32 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #16 POR CONTEO DE PUNTOS.....	107
TABLA 33 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #17	109
TABLA 34 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #17 POR CONTEO DE PUNTOS.....	110
TABLA 35 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #18	111
TABLA 36 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #18 POR CONTEO DE PUNTOS.....	113
TABLA 37 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #19	114
TABLA 38 DATOS DE LA REFLECTANCIA DE LA VITRINITA, MACERAL MUESTRA #19	116
TABLA 39 COMPOSICIÓN DEL MACERAL MUESTRA #19 POR CONTEO DE PUNTOS.....	116
TABLA 40 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #20	118
TABLA 41 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #20 POR CONTEO DE PUNTOS.....	120
TABLA 42 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #21	121
TABLA 43 DATOS DE LA REFLECTANCIA DE LA VITRINITA, MACERAL MUESTRA #21	123
TABLA 44 COMPOSICIÓN DEL MACERAL MUESTRA #21 POR CONTEO DE PUNTOS.....	123
TABLA 45 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #22	124
TABLA 46 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #22 POR CONTEO DE PUNTOS.....	126
TABLA 47 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #23	127

TABLA 48 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #23 POR CONTEO DE PUNTOS.....	128
TABLA 49 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #24	129
TABLA 50 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #24 POR CONTEO DE PUNTOS.....	131
TABLA 51 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #25	132
TABLA 52 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #25 POR CONTEO DE PUNTOS.....	133
TABLA 53 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA #26	134
TABLA 54 TABLA 54 COMPOSICIÓN DE LA SECCIÓN DELGADA MUESTRA #26 POR CONTEO DE PUNTOS	136
TABLA 55 USOS POSIBLES DE LOS MINERALES ENCONTRADOS EN EL MUNICIPIO DE PAIPA	140
TABLA 56 USOS POSIBLES DE LOS MINERALES ENCONTRADOS EN EL MUNICIPIO DE FIRAVITOBA	141
TABLA 57 USOS POSIBLES DE LOS MINERALES ENCONTRADOS EN EL MUNICIPIO DE IZA.	141
TABLA 58 USOS POSIBLES DE LOS MINERALES ENCONTRADOS EN EL MUNICIPIO DE CUITIVA	142
TABLA 59 USOS POSIBLES DE LOS MINERALES ENCONTRADOS EN EL MUNICIPIO DE PESCA	143

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 MAPA DE LOCALIZACIÓN ÁREA DE ESTUDIO.....	21
FIGURA 2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA METODOLOGÍA	25
FIGURA 3 EQUIPOS EMPLEADOS EN EL PROCESO DE SECCIONES DELGADAS DE ROCAS DURAS	27
FIGURA 4 EQUIPOS EMPLEADOS EN EL PROCESO DE SECCIONES DE ROCA FRÁGIL.....	28
FIGURA 5 EQUIPOS EMPLEADOS EN EL PROCESO DE LOS MACÉRALES	29
FIGURA 6 ESTEREOSCOPIO Y MICROSCOPIO.....	30
FIGURA 7 UNIDADES MORFOESTRUCTURALES CON LADERAS ESTRUCTURALES, CRESTAS ESTRUCTURALES, MESETAS ESTRUCTURALES Y LADERAS EROSIONALES CON PROCESOS EROSIVOS VARIABLES.	59
FIGURA 8 PERFIL ESQUEMÁTICO CON LADERAS ESTRUCTURALES Y DENUDACIONALES CON TERRAZAS ALUVIAL- TORRENCIALES DE EDAD RELATIVA VARIABLE.	60
FIGURA 9 MUESTRA MACRO #1.....	62
FIGURA 10 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #1 EN NICOLES CRUZADOS	63
FIGURA 11 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #1 EN NICOLES PARALELOS.....	64
FIGURA 12 MUESTRA MACRO #2.....	65
FIGURA 13 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #2 EN NICOLES CRUZADOS	66
FIGURA 14 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #2 EN NICOLES PARALELOS.....	66
FIGURA 15 MUESTRA MACRO #3.....	68
FIGURA 16 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #3 EN NICOLES CRUZADOS	69
FIGURA 17 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #3 EN NICOLES PARALELOS.....	69
FIGURA 18 MUESTRA MACRO #4.....	70
FIGURA 19 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #4 EN NICOLES CRUZADOS	71
FIGURA 20 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #4 EN NICOLES PARALELOS.....	72
FIGURA 21 MUESTRA MACRO #5.....	73
FIGURA 22 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #5 EN NICOLES CRUZADOS	74
FIGURA 23 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #5 EN NICOLES PARALELOS.....	75
FIGURA 24 MUESTRA MACRO #6.....	76
FIGURA 25 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #6 EN NICOLES CRUZADOS	77
FIGURA 26 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #6 EN NICOLES PARALELOS.....	77
FIGURA 27 MUESTRA MACRO #7.....	79

FIGURA 28 FIGURA 28: SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #7 EN NICOLES CRUZADOS..	80
FIGURA 29 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #7 EN NICOLES PARALELOS.....	80
FIGURA 30 MUESTRA MACRO #8.....	82
FIGURA 31 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #8 EN NICOLES CRUZADOS	83
FIGURA 32 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #8 EN NICOLES PARALELOS.....	84
FIGURA 33 MUESTRA MACRO #9.....	85
FIGURA 34 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #9 EN NICOLES CRUZADOS	86
FIGURA 35 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #9 EN NICOLES PARALELOS.....	87
FIGURA 36 MUESTRA MACRO #10.....	88
FIGURA 37 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #9 EN NICOLES CRUZADOS	89
FIGURA 38 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #9 EN NICOLES PARALELOS.....	90
FIGURA 39 MUESTRA MACRO #11.....	91
FIGURA 40 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #11 EN NICOLES CRUZADOS.....	92
FIGURA 41 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #11 EN NICOLES PARALELOS.....	92
FIGURA 42 MUESTRA MACRO #12.....	94
FIGURA 43 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #12 EN NICOLES CRUZADOS.....	95
FIGURA 44 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #12 EN NICOLES PARALELOS.....	95
FIGURA 45 MUESTRA MACRO #13.....	97
FIGURA 46 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #13 EN NICOLES CRUZADOS.....	98
FIGURA 47 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #13 EN NICOLES PARALELOS.....	98
FIGURA 48 MUESTRA MACRO #14.....	100
FIGURA 49 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #14 EN NICOLES CRUZADOS.....	101
FIGURA 50 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #14 EN NICOLES PARALELOS.....	101
FIGURA 51 MUESTRA MACRO #15.....	103
FIGURA 52 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #15 EN NICOLES CRUZADOS.....	104
FIGURA 53 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #15 EN NICOLES PARALELOS.....	104
FIGURA 54 MUESTRA MACRO #16.....	105
FIGURA 55 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #16 EN NICOLES CRUZADOS.....	106
FIGURA 56 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #16 EN NICOLES PARALELOS.....	107
FIGURA 57 MUESTRA MACRO #17.....	108
FIGURA 58 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #17 EN NICOLES CRUZADOS.....	109

FIGURA 59 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #17 EN NICOLES PARALELOS.....	110
FIGURA 60 MUESTRA MACRO #18.....	111
FIGURA 61 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #18 EN NICOLES CRUZADOS.....	112
FIGURA 62 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #18 EN NICOLES PARALELOS.....	112
FIGURA 63 MUESTRA MACRO #19.....	114
FIGURA 64 MACERAL DE LA MUESTRA #19 EN NICOLES CRUZADOS	115
FIGURA 65 MACERAL DE LA MUESTRA #19 EN NICOLES PARALELOS	115
FIGURA 66 HISTOGRAMA DE LA REFLECTANCIA DE MACERAL, MUESTRA #19.....	117
FIGURA 67 MUESTRA MACRO #20.....	118
FIGURA 68 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #20 EN NICOLES CRUZADOS.....	119
FIGURA 69 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #20 EN NICOLES PARALELOS.....	119
FIGURA 70 MUESTRA MACRO #21	121
FIGURA 71 MACERAL DE LA MUESTRA #21 EN NICOLES CRUZADOS	122
FIGURA 72 MACERAL DE LA MUESTRA #21 EN NICOLES PARALELOS	122
FIGURA 73 MUESTRA MACRO #22.....	124
FIGURA 74 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #22 EN NICOLES CRUZADOS.....	125
FIGURA 75 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #22 EN NICOLES PARALELOS.....	125
FIGURA 76 MUESTRA MACRO #23.....	126
FIGURA 77 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #23 EN NICOLES CRUZADO	127
FIGURA 78 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #23 EN NICOLES PARALELOS.....	128
FIGURA 79 MUESTRA MACRO #24.....	129
FIGURA 80 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #24 EN NICOLES CRUZADOS.....	130
FIGURA 81 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #24 EN NICOLES PARALELOS.....	130
FIGURA 82 MUESTRA MACRO #25.....	131
FIGURA 83 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #25 EN NICOLES CRUZADOS.....	132
FIGURA 84 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #25 EN NICOLES PARALELOS.....	133
FIGURA 85 MUESTRA MACRO #26.....	134
FIGURA 86 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #26 EN NICOLES CRUZADOS.....	135
FIGURA 87 SECCIÓN DELGADA DE LA MUESTRA #26 EN NICOLES PARALELOS.....	135
FIGURA 88 CERTIFICADO DE VALIDEZ PARA LA EVALUACIÓN DE LOS MACÉRALES.....	137

LISTA DE MAPAS

MAPA 1 TOPOGRÁFICO, ZONA DE ESTUDIO, ESCALA 1:25000	22
MAPA 2 GEOLÓGICO, ZONA DE ESTUDIO, ESCALA 1:25000	33
MAPA 3 GEOMORFOLÓGICO, ZONA DE ESTUDIO, ESCALA 1:25000	57

LISTA DE COLUMNAS

COLUMNA 1 ESTRATIGRÁFICA GENERAL, MUNICIPIO DE PAIPA.....	35
COLUMNA 2 ESTRATIGRÁFICA GENERAL, MUNICIPIO DE FIRAVITOBA	40
COLUMNA 3 ESTRATIGRÁFICA GENERAL, MUNICIPIO DE IZA.....	47
COLUMNA 4 ESTRATIGRÁFICA GENERAL, MUNICIPIO DE PESCA	53

GLOSARIO

Calcedonia: (SiO_2)

Clorita: $(\text{Mg, Fe})_3(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}$

Colofana: $\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$

Cuarzo: (SiO_2)

Glaucionita $(\text{K, Na}) (\text{Fe}^{3+}, \text{Al, Mg})_2(\text{Si, Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Goethita: $\text{FeO} (\text{OH})$

Limonita: $\text{FeO} (\text{OH}) \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Líricos de Arcilla: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Moscovita: $\text{KA l}_2 (\text{Si}_3\text{Al}) \text{O}_{10} (\text{OH, F})_2$ filosilicato/mica

Ortoclasa: KAlSi_2O_8

Plagioclasa: $(\text{Na, Ca})(\text{Si, Al})_3\text{O}_8$

Rutilo: TiO_2

Zircón: ZrSiO_4

RESUMEN

Este trabajo fue desarrollado en las áreas destinadas para los consorcios mineros otorgadas a la empresa BOYMING S.A.S en los municipios de Paipa, Firavitoba, Iza y Pesca, del departamento de Boyacá Colombia, en los cuales se han venido explotando recursos minerales metálicos, no metálicos y otros; centrando y definiendo su objetivo en la identificación y caracterización petrográfica de los recursos minerales en las áreas de los municipios mencionados, partiendo de una recolección de muestras y elaboración de probetas y secciones delgadas y el análisis de estas, que permitieron determinar su composición mineralógica por el método de conteo de puntos logrando así dar los posibles usos a estos recursos minerales.

Para cumplir con los objetivos trazados, se estructuró un plan de trabajo, que consistió en primera instancia en el reconocimiento de la zona de estudio, toma de datos estructurales, geológicos y recolección de muestras, posteriormente se elaboraron los mapas topográfico, geológico, geomorfológico y las columnas estratigráficas correspondientes de la zona de estudio; además se realizó un análisis petrográfico a cada material. Para la caracterización petrográfica se elaboraron secciones delgadas. A partir de este análisis petrográfico se definieron los tipos de materiales y la calidad de éstos, los cuales, estaban presentes en las áreas destinadas para los consorcios mineros otorgadas a la empresa BOYMING S.A.S.

Con los análisis petrográficos se logró una clara identificación y caracterización de los recursos minerales dentro de la zona de estudio, encontrando minerales tales como la riolita en los municipios de Iza y Paipa, y en los municipios de Firavitoba y pesca se halló en su mayor parte *Cuarzo Arenita Ferruginosa* y carbón de bajo rango; precisando la conformación mineralógica de cada municipio, lo cual, será información fundamental para la explotación y futura comercialización de estos recursos minerales.

PALABRAS CLAVE: Caracterización, Clasificación, Identificación, Petrografía, Recursos Minerales, Títulos Mineros.

ABSTRAC

This work was developed in the areas which are destined to the mining consortiums to the company BOYMING S.A.S in the municipalities of Paipa, Firavitoba, Iza and finally Pesca, in the department of Boyacá Colombia in which mineral the metallic, nonmetallic and others; focusing and defining its objective in the identification and petrographic characterization of the mineral resources in the areas of the mentioned municipalities, starting from a collection of samples and elaborations samples and thin section of and the analysis of these, that allowed to determine its mineralogical composition by the method of counting of points thus managing to give the possible uses to these mineral resources.

In order to comply with the objectives outlined, a work plan was structured, which consisted in the first instance in the recognition of the study area, taking of structural, geological data and collection of samples, later the topographic, geological, geomorphological and The corresponding stratigraphic columns of the study area; In addition, a petrographic analysis was performed on each material. For the petrographic characterization, thin sections were elaborated. From this petrographic analysis the types of materials and the quality of these materials were defined, which were present in the areas destined for the mining consortiums granted to the company BOYMING S.A.S.

With the petrographic analyzes a clear identification and characterization of the mineral resources within the study zone was obtained, finding minerals such as the rhyolite in the municipalities of Iza and Paipa, and in the municipalities of Firavitoba and fishing was found for the most part Ferruginous sandstone quartz and low rank coal; Specifying the mineralogical conformation of each municipality, which will be fundamental information for the exploitation and future commercialization of these mineral resources.

KEY WORDS: Characterization, Classification, Identification, Petrography, Mineral Resources, Mining Titles.

1. INTRODUCCIÓN

La empresa *BOYMING S.A.S* con el fin de prospectar recursos minerales de su interés dentro de sus títulos mineros en los municipios de Paipa, Firavitoba, Iza y pesca, para una posterior explotación, permitió realizar estudios de identificación y caracterización petrográfica en sus áreas de concesión minera.

Estudios detallados, como la caracterización petrográfica, ofrecen una valiosa información relativa de la naturaleza de los componentes mineralógicos, sus abundancias, formas, tamaños, relaciones espaciales y procesos evolutivos, lo cual permite proyectar usos de los materiales e identificar los recursos potenciales.

Ejercicio con el cual, se identifica y define la calidad de minerales que existen en los títulos mineros de la empresa *BOYMING S.A.S.* para realizar estudios de inversión que contarán con información precisa e idónea para su continua explotación, asegurando la inversión en futuros proyectos que generen utilidades a la empresa y a su vez, beneficio a la comunidad del área de influencia.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar los recursos minerales dentro de los títulos mineros de la empresa *BOYMING S.A.S* en los municipios de Paipa, Firavitoba, Iza y Pesca. A partir de la caracterización petrográfica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar mapa topográfico, geológico y geomorfológico, escala 1:25000 del área de los títulos mineros de la empresa *BOYMING S.A.S*.

Caracterizar petrográficamente las rocas de las áreas de concesión.

Realizar columnas estratigráficas generales de cada municipio donde se encuentran los títulos mineros de la empresa *BOYMING S.A.S*.

Determinar la calidad de los materiales ubicados dentro de los títulos mineros, a partir de caracterización petrográfica.

3. GENERALIDADES

3.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio comprende diferentes títulos mineros de la empresa BOYMING S.A.S, distribuidos al Este del municipio de Paipa, al Noroeste del municipio de Firavitoba, al Suroeste del municipio de Iza y alrededores del municipio de Pesca, en el departamento de Boyacá, ubicado en la parte nororiental y centro oriental de la cordillera oriental.

3.2 LOCALIZACIÓN

La zona de análisis se delimita dentro del polígono que cubre los títulos mineros dentro de los municipios en estudio, con coordenadas planas origen Bogotá:

X=1107929

X=1123331

Y=1125075

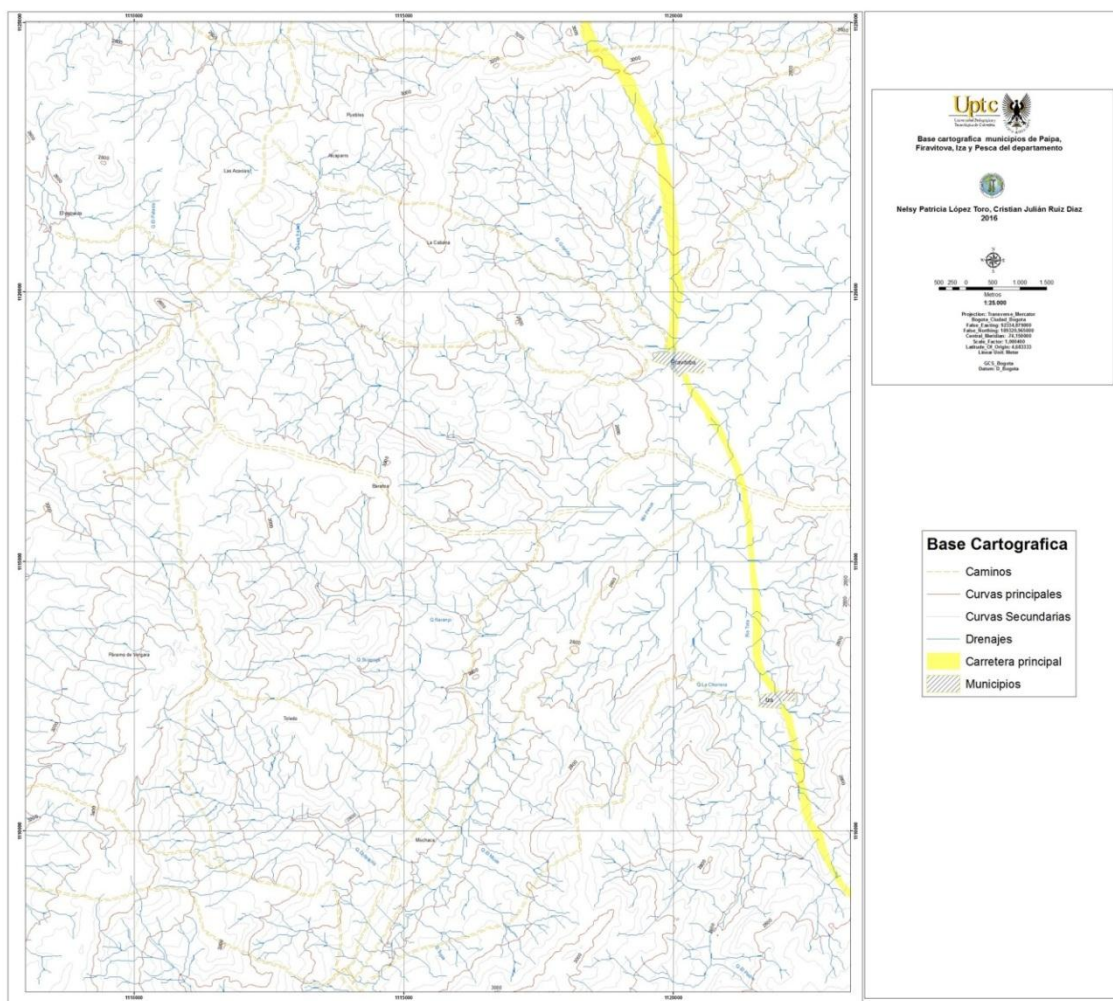
Y=1106956



Fuente: Autores
Figura 1 Mapa de localización área de estudio

3.3 VÍAS DE ACCESO

La carretera más adecuada para acceder al área de estudio es la vía primaria No. 62 del territorio colombiano, que comunica Paipa – Sogamoso, continuando con las vías secundarias que comunican Sogamoso con los municipios de Firavitoba, Iza y Pesca; y las vías terciarias que comunican estos municipios con sus veredas aledañas. Dichas vías, son de fácil acceso y cuentan con todos los permisos del caso para desarrollar los ejercicios propios de este proyecto y de aquellos que lleguen a realizarse derivados de este trabajo de grado, garantizando que se cuenta con todos los permisos necesarios para el uso de éstas vías, sin que se vean interrumpidos los trabajos por cuestión de invasión de predios a terceros o casos similares (ver Mapa Topográfico).



Fuente: Autores

Mapa 1 Topográfico, zona de estudio, escala 1:25000

4. MARCO TEÓRICO

En la investigación titulada Caracterización Petrográfica y Química del Yacimiento de Caliza “Las Monjas”, entre las Coordenadas N 1°122.400-1°123.000; E 1°120.000-1°120.600 (Firavitoba Boyacá),¹ en la que referencia que partiendo de la observación y análisis de una sección delgada se busca determinar la composición mineralógica, el tamaño de los componentes y su variación en la muestra, empleando el método conteo de puntos.

Con la caracterización metalográfica de las manifestaciones de mineral de hierro, Paipa (Boyacá, Colombia),² se demuestra que existen en Paipa, importantes manifestaciones de óxidos de hierro, en forma de concentraciones residuales sobre el terreno. Dichas muestras superficiales fueron analizadas metalográficamente con el propósito de identificar los minerales presentes, su paragénesis y origen. Adicional a lo anterior, existe información sobre el vulcanismo de Paipa e identificación en el área de los depósitos minerales de: Hierro, puzolana, caolín y bentonitas.³

En la investigación realizada por Hellen María Guarín Insignares,⁴ se explica, que en las formaciones ubicadas en las inmediaciones de los municipios de Iza y Cuitiva se localizan varios yacimientos fosfóricos compuestos por capas de fosforita que alcanzan dos metros de espesor. Siendo así una afinidad de frente a los objetivos trazados para la investigación propuesta, de manera tal, que se confirma la existencia de uno de los recursos minerales; determinando de esta manera, que en estos municipios aflora el grupo Guadalupe, que está conformado por las formaciones Arenisca Dura (Aloformación Guadalupe Inferior), Los Pinos (Aloformación Guadalupe Medio) y Labor-Tierna (Aloformación Guadalupe

¹ LASPRILLA Molano, Daniel Hernando. Caracterización Petrográfica y Química del Yacimiento de Caliza “Las Monjas”, entre las Coordenadas N 1°122.400-1°123.000; E 1°120.000-1°120.600 (Firavitoba Boyacá). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, 2006.

² MANOSALVA S. Sandra R. y Naranjo M. Wilson E. Caracterización Metalográfica De Las Manifestaciones De Mineral De Hierro, Paipa (Boyacá, Colombia), BOLETÍN DE CIENCIAS DE LA TIERRA - Número 20, Junio de 2007 - Medellín - ISSN 0120 - 3630.

³ Ibíd.

⁴ GUARIN INSIGNARES, Hellen María. Análisis Estratigráfico, Petrográfico Y Geoquímico De Los Episodios Fosfáticos De La Parte Inferior Y Media Del Grupo Guadalupe En El Sector Central De La Cordillera Oriental, Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, Bogotá, 2011.

Superior) y; en las dos formaciones más antiguas, (Dura y Los Pinos) se localizan varios yacimientos fosfáticos.

En el análisis petrográfico de carbones colombianos mediante análisis de imágenes de microscopía, Ariel Oswaldo Cadena Sánchez y demás investigadores, desarrollaron y aplicaron el método de análisis petrográfico de carbones, basado en el análisis de imágenes de microscopía de reflectancia, el cual permite determinar la reflectancia media aleatoria de la vitrinita y la composición maceral del carbón. La calidad de los resultados del análisis se estableció por comparación con resultados del análisis petrográfico convencional (fotometría).⁵

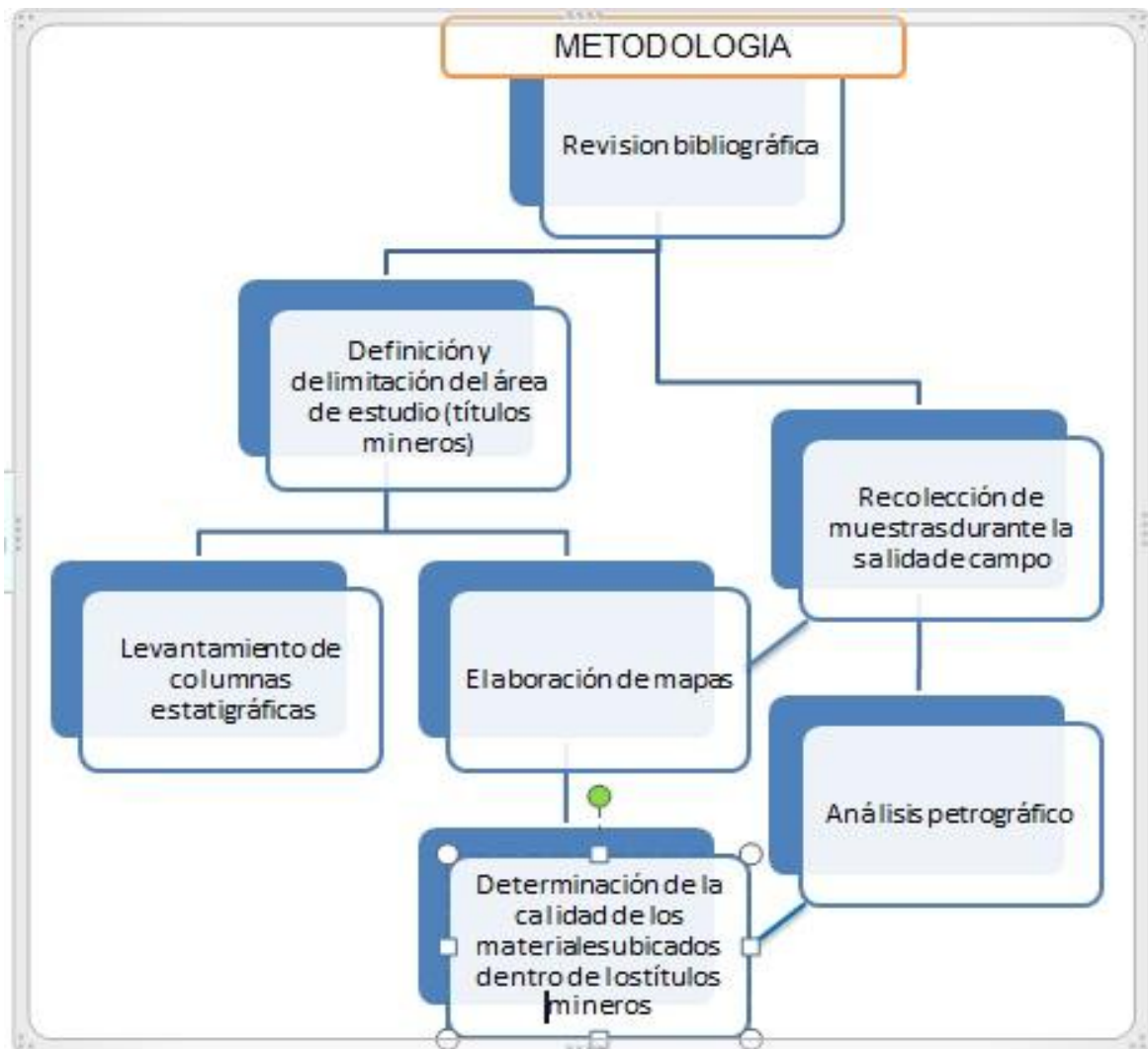
Los resultados muestran que el método permite diferenciar carbones de diferente rango, establecer su composición maceral, y a la vez, permite evidenciar la presencia de mezclas de carbones.

⁵ Cfr.: CADENA SANCHEZ, Ariel Oswaldo. Et al. Análisis Petrográfico de Carbones Colombianos Mediante Análisis de Imágenes de Microscopía, Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, Bogotá, 2010.

5. METODOLOGÍA DE TRABAJO

5.1 METODOLOGÍA

La explicación de la metodología se realiza teniendo en cuenta los objetivos trazados para la investigación, de la siguiente manera.



Fuente: Autores

Figura 2 Diagrama de flujo de la metodología

5.1.1 ETAPA 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Esta primera etapa se llevó a cabo realizando una revisión de la bibliografía, seguida por investigaciones ya desarrolladas por distintas universidades, además de la información especializada desarrollada por la Universidad Industrial de Santander sobre la cordillera oriental, teniendo en cuenta los POT de los municipios y memorias de las planchas geológicas y la información que aporta el servicio geológico colombiano (SGC).

De otra parte es necesario observar como para lograr la objetividad del proceso de investigación fue de utilidad revisar los artículos de investigación y demás investigaciones; de universidades tales como la Universidad Nacional de Colombia, La Universidad Industrial de Santander y la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, así como informes y/o guías, que de hecho han sido citadas en el marco de antecedentes.

5.1.2 ETAPA 2: DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

En esta fase se realizó sobreponiendo el mapa de los títulos mineros de la empresa BOYMING S.A.S sobre el mapa cartográfico del departamento de Boyacá, después de esto, se generó un polígono que cubre los títulos mineros dentro de los municipios en estudio, obteniendo de esta manera las coordenadas exactas para delimitar el terreno.

5.1.3 ETAPA 3: SALIDA DE CAMPO

Uno de los logros de la salida de campo y de la información previamente obtenida, ha sido precisamente la identificación de la zona que es objeto de este estudio, concretamente la que corresponde a los títulos mineros de la empresa BOYMING S.A.S., etapa en la cual se tomaron datos estructurales y geológicos, se generaron levantamientos de columnas estratigráficas regionales y ahora se sigue un protocolo para muestreo, que en su primer paso debe realizar la ubicación de la zona de interés, en un segundo momento se ubica un afloramiento del cual se extrae una muestra fresca in situ (roca y/o suelo) para lograr un tercer paso que es recolectar las muestras en bolsas que se diligencian con una ficha de identificación en la cual las categorías son: lugar, coordenadas, formación. En el cuarto paso se toma una muestra gráfica del afloramiento en escala y con base en la ubicación de la norte, teniendo en cuenta además que para la muestra se debe marcar el techo y la base. En último lugar, se realiza el transporte, teniendo en

cuenta que para evitar la alteración de la muestra se efectúa dicho viaje bajo condiciones controladas, desarrollando así un procedimiento que finalmente servirá para la realización de las secciones delgadas en laboratorio petrográfico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia seccional Sogamoso; ejercicio con el cual se pudo evidenciar la secuencia geológica del terreno.

5.1.4 ETAPA 4: CONSTRUCCIÓN DE COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

En esta fase se realizan las columnas estratigráficas generales para cada municipio del área de estudio, digitalizadas en el programa arcgis 10.1, representando las variaciones verticales que presentan los cuerpos rocosos, de igual manera la relación entre los tamaño de grano presentes en las formaciones de cada municipio. Además, la figura incluirá características texturales tales como redondez y selección, espesor de capas y láminas.

5.1.5 ETAPA 5: CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA:

Las muestras recolectadas en las zonas de los títulos mineros, se analizaron en el laboratorio petrográfico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia seccional Sogamoso, Boyacá.

5.1.5.1 ANÁLISIS PETROGRÁFICO:



Fuente: Autores

Figura 3 Equipos empleados en el proceso de secciones delgadas de rocas duras

La secuencia de pasos que siguió para la realización del análisis petrográfico de las secciones delgadas, de las muestras obtenidas, cortadas perpendicularmente a la estratificación, fue la siguiente:

1. Se corta la muestra que se obtuvo en campo con la cortadora de rocas, se toma el trozo de roca y se pule un lado de la roca con carburo de silicio (SiC), de 240, 400 y 1000.
2. Seguidamente; hasta que esta superficie quede en su totalidad lisa para poder ser adherida al vidrio porta objetos, el cual debe ser pulido con (SiC), sabiendo que antes debe pasar por el horno eléctrico (ver Figura 3) durante un tiempo de doce horas a una temperatura de 240 grados centígrados para que quede totalmente seca.
3. Entonces se pega al vidrio porta objetos, con una mezcla de resina y mek peróxido. Se debe secar para que se asegure el pegado o adhesión, permitiendo que se logre cortar de nuevo en la cortadora y re-seccionadora de rocas, marca buller, pasando por una nueva oportunidad la sección delgada por carburo de silicio, logrando su etapa final.
4. Siguiendo la guía del color de los cristales del cuarzo (ya que el cuarzo sirve como referencia, puesto que puede determinar el espesor de la sección delgada), cuando la sección delgada se halla entre veinte y veinticinco micras, el color del cuarzo se torna en los colores de baja birrefringencia, es decir, los colores entre las tonalidades del blanco y el negro, así se determina científicamente que la sección delgada está terminada para ponerle el porta objetos con la finalidad de realizar su análisis en el microscopio petrográfico de luz polarizada (Leica DM 4500 P) del laboratorio petrográfico de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia seccional Sogamoso, Boyacá.



Fuente: Autores

Figura 4 Equipos empleados en el proceso de secciones de roca frágil

En el caso de que la muestra sea muy frágil o se pueda llegar a disgregar al corte, ésta se pasa por el molino para así obtener una muestra considerable que se deposita en un recipiente bajo condiciones de asepsia estricta, para luego ser secada en horno eléctrico en tiempos que pueden llegar a ser de hasta doce horas a una temperatura de 240 grados centígrados, inmediatamente se efectúa una composición homogénea entre el mineral y la mezcla de la resina y mek peróxido, esta se deposita en su cilindro metálico que se comprime con la prensa de doce toneladas (Hydraulic shop press) (ver figura 4) y posteriormente, se deja secar nuevamente en el horno eléctrico, para conseguir una probeta consolidada, que servirá como prueba de análisis con los pasos ya comentados en el anterior procedimiento.



Fuente: Autores

Figura 5 Equipos empleados en el proceso de los macérales

En lo que concierne a las muestras de carbones se opera con un procedimiento diferente para su análisis, constatando que este es muy similar a la de las muestras que son frágiles, con la excepción de que para ser depositado en el cilindro metálico se pasará por la prensa de doce toneladas. Este material debe ser cuarteado, luego de haber sido metido al horno, éste se pasa por lijas de número 400, 600, 1000, 1200, 2500 (ver Figura 5), consecutivamente luego se pasa por la pulidora de roca row-ratenow que se usa con alúmina 0.03 y 0.5 observando en el estereoscopio que la muestra quede sin rayas y sin relieve para después ser almacenada en las campanas de vacío, las cuales tienen el gel de sílice para que las muestras no adquieran humedad, a partir de este momento se

pueden analizar en el microscopio petrográfico de luz polarizada y con los objetivos de inmersión de aceite.

Para el procedimiento del análisis microscópico se obtuvo la clasificación textural, composicional y porosidad de las muestras, teniendo en cuenta la clasificación según tipo de roca (Ígnea, Metamórfica y Sedimentaria), se hizo el análisis de las secciones delgadas en el microscopio petrográfico de polarización con luz polarizada ya mencionado anteriormente, se observaron con el objetivo de aire de 10X, se utilizó el método de conteo de puntos, que consiste en realizar una malla constante de diez líneas contando cincuenta puntos en cada una de ellas, obteniendo un total de quinientos puntos, para un porcentaje del cien por ciento, y apoyados en primera instancia en el principio de que el volumen ocupado por cada componente de una roca es proporcional a la superficie que ocupa sobre una sección; a su vez una línea al azar sobre una superficie que cortará a cada componente con una longitud total proporcional a la superficie que representa.



Fuentes: Autores

Figura 6 Estereoscopio y Microscopio

Estos estudios arrojan resultados de porcentaje en volumen⁶, con esto se le da la composición de la roca a partir de la clasificación según tipo de roca y con las

⁶ LASPRILLA Molano. Op. Cit.

normas ASTM (2777, 2778, 2779); para el análisis microscópico de los macerales se les hizo el mismo procedimiento, pero se utilizó el microscopio petrográfico de polarización con luz reflejada, transmitida y fluorescente, observados a través del objetivo 50x de inmersión de aceite. El microscopio fue calibrado con el patrón Saphiro utilizado para carbones de rango bajo, esto nos permitió clasificar el maceral con precisión con la norma ISO 7404 del 2009, se observaron las muestras de mano en el estereoscopio Carl zeiss technival (Ver figura 6).

Se obtuvo la clasificación física (textura, color, dureza, tamaño de grano, madurez, grado de metamorfismo), con esto se consigue el nombre de la roca a partir de las normas mencionadas anteriormente; con estos análisis macroscópico y microscópico se obtienen los parámetros necesarios para describir y clasificar acertadamente la roca.

5.1.6 ETAPA 6: IDENTIFICACIÓN DE RECURSOS MINERALES

Se identificaron los depósitos minerales que afloran dentro del área de interés (contratos de concesión), de acuerdo a la caracterización petrográfica obtenida en el laboratorio y dando así una información objetiva de la calidad de estos.

5.1.7 ETAPA 7: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Con el trabajo realizado, se pudo definir, estructurar y precisar el análisis e interpretación de la información geológica, la elaboración de las columnas estratigráficas generales, caracterización de los depósitos minerales, construcción de los mapas en cuestión; lo cual, es información confiable, que servirá de base y soporte para el desarrollo y ejecución de diferentes proyectos de explotación en el área de influencia, que serán apalancados y estructurados con la información obtenida en este proyecto, mostrando las secuencias cronológicas de las formaciones geológicas de cada municipio y los espesores de éstas; precisando la descripción de las rocas recolectadas en campo, demostrando que hay recursos que serán útiles para el desarrollo de proyectos obras civiles y/u otros, con los que se podrá obtener beneficios de desarrollo para el departamento, con las inversiones que tengan lugar.

6. GEOLOGÍA

6.1 GEOLOGÍA REGIONAL

La geología que sirvió como punto de partida para definir, estructurar y concluir este proyecto, garantizando el cumplimiento de los objetivos y metas trazadas, fue tomada de la base de datos consolidada por la empresa BOYMING S.A.S, y de la revisión y recopilación de material bibliográfico de una variedad de trabajos públicos realizados en la Cuenca Cordillera Oriental, que van desde trabajos de grado de universidades reconocidas en el territorio nacional, hasta memorias explicativas de las planchas geológicas del Servicio Geológico Colombiano, obteniendo la nomenclatura para la realización de los mapas, de libros publicados por este mismo (S.G.C).

La cuenca cordillera oriental corresponde a una serie de bloques diferencialmente levantados constituidos por rocas sedimentarias Mesozoicas. En esta Cuenca se distinguen cuatro bloques estratigráfica y tectónicamente diferentes, que de occidente a oriente son Bloque Chiquinquirá – Arcabuco, Bloque Tunja – Duitama, Bloque Tota – Paz de Río y Bloque Macizo de Floresta⁷ (ver Mapa Geológico).

⁷ RODRÍGUEZ PARRA, Antonio José y SOLANO SILVA, Orlando. Mapa Geológico del Departamento de Boyacá, Memoria explicativa. Ministerio De Minas Y Energía Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química “Ingeominas” Enero del 2000. Bogotá, Colombia. 2000. Págs. 24 y 25.

6.2 GEOLOGÍA LOCAL

6.2.1 MUNICIPIO DE PAIPA

El Municipio de Paipa presenta un punto de referencia para el desarrollo de la investigación, por tanto lo expuesto en el POT, es de gran relevancia, en dicho informe se muestra:

El área del Municipio de Paipa se localiza en la Cordillera Oriental de Colombia, y se caracteriza por presentar rocas sedimentarias de origen marino y continental, y la presencia de algunos cuerpos ígneos intrusivos. La edad de las rocas estratificadas presentes varía entre el Triásico y el Terciario Superior; otros depósitos sedimentarios recientes pertenecen al período Cuaternario. La Falla de Boyacá, accidente tectónico regional marca la división de dos conjuntos de facies sedimentarias y rasgos morfo estructurales característicos; la región al Norte de la falla, con presencia de depósitos Jura-Triásicos y Cretáceos marinos de amplios pliegues, y otra región hacia el Sur de la misma falla, caracterizada por la presencia de sedimentos Terciarios continentales, sedimentos marinos del Cretáceo superior y la presencia de cuerpos ígneos volcánicos andesíticos.⁸

6.2.1.1 ESTRATIGRAFÍA











Para este apartado se relaciona a continuación, la descripción de las unidades estratigráficas presentes en la región de Paipa (ver columna estratigráfica general), tomando como patrón su edad, estudiándolas desde las más antiguas a las más jóvenes y cuya cartografía se presenta adjunta al presente informe.

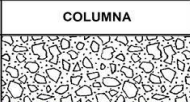

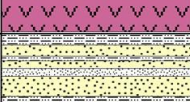

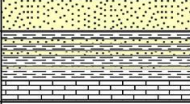
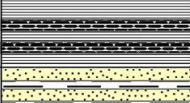
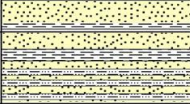
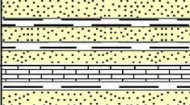

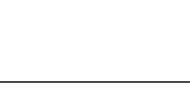


⁸ POT de Paipa. Gobernación de Boyacá. En. http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=282. (08/11/2016)

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DEL MUNICIPIO DE PAIPA

Nelsy Patricia López Toro y Cristian Julian Ruiz Díaz

CONVENCIONES

	Arcillolitas		Shale		Caliza		Conglomerado
	Areniscas		Lodolitas		Limolitas		Traquitas y riolitas
	Liditas		Chert				

		FORMACIÓN	ESPESOR	COLUMNA	DESCRIPCIÓN
Cenozoico		Cuaternario			Comprende depósitos coluviales y aluviales
	Plioceno	Tilatá	150 m		Areniscas cuarzosas muy friables de grano grueso a fino intercaladas con limolitas y arcillolitas abirragadas
	Neógeno	Vulcanitas	80 m		Traquitas y riolitas
	Paleoceno	Bogotá	250 m		Areniscas cuarzosas de grano fino a grueso intercaladas con capas de limolitas y arcillolitas de color gris a crema
Mesozoico	Cretácico superior	Guaduas	500 m		Arcillolitas y limolitas color violeta, gris y crema con intercalaciones abundantes de areniscas cuarzosas, de grano fino; abundantes mantos de carbón
		Labor y Tierna	100 m		Arenisca cuarzosa de grano grueso a fino con intercalaciones de arcillolitas de color blanco a gris claro
		Los pinos	120 m		Lodolitas fisible con delgadas intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino con cemento silíceo y hacia la base niveles de calizas numaquélicas
		Plaeners	110 m		Liditas silíceas intensamente fracturadas con presencia de cherts
		Conejo	280 m		Lodolitas negras, arenisca de grano fino a medio de color gris claro con intercalaciones de shales negros
		Churuvita	470 m		areniscas de grano medio a fino, arcillolitas, con algunos bancos de lodolitas carbonosas
	Cretácico inferior	Une	510 m		areniscas blancas a amarillas e intercalaciones de shales negros.
		Tibasosa	140 m		shales grises oscuros, calizas y areniscas

Fuente: Autores

Columna 1 Estratigráfica general, Municipio de Paipa

De otra parte, se puede observar en la columna estratigráfica general del municipio de Paipa donde se hallan unos de los títulos mineros en estudio, una interpretación con datos que a continuación ofrece el POT de Paipa⁹:

- Formación Une (Kv2): La Formación Une se presenta al Suroriente de la región de Paipa, y está compuesta por areniscas blancas a amarillas e intercalaciones de shales negros. La unidad se presenta en contactos discordantes con los sedimentos Terciarios (Tst) y un cuerpo ígneo intrusivo (Ta).
- Formación Churuvita (Ksch): La localidad tipo está definida en la región de Sáchica-Tunja. La Formación Churuvita está compuesta por areniscas, arcillolitas, calizas principalmente, shales grises y limolitas. Su espesor es de aproximadamente 470 metros.
- Formación Conejo (Kscn): Esta Formación propuesta por Renzoni G. (1981), está compuesta por areniscas principalmente intercaladas por shales negros, limolitas y esporádicamente estratos de calizas. La localidad tipo se localiza entre Oicatá y Chivatá (Boyacá); en ésta sección se observan cerca de 280 metros de espesor.
- Formación Plaeners (Kg2): La Formación Plaeners, en el sector de Paipa, está compuesta de chert y arcillolitas principalmente. Se observan afloramientos bien expuestos al Suroriente del área, investigada principalmente en exposiciones correspondientes a canteras de explotación para materiales de construcción. Su espesor en el área se calcula en 100 a 120 metros. En otras secciones fuera del área la formación incluye niveles de porcelanitas, shales y fosforitas. Esta unidad se correlaciona con parte del Grupo Guadalupe de la Sabana de Bogotá.
- Formación Labor y Tierna (Kg1): La Formación Labor y Tierna está compuesta principalmente por shales gris oscuros y areniscas de grano medio a fino; la denominada arenisca de labor presenta dureza intermedia, mientras la arenisca tierna se caracteriza por conformar horizontes friables característicos. Buenas exposiciones se observaron en la carretera Paipa-Pantano de Vargas, y en el carreteable hacia la Vereda el Tunal. Su espesor estimado en el área es de 170 metros aproximadamente. Se correlaciona con el Grupo Guadalupe de la Sabana de Bogotá, y toma su nombre de las Formaciones Labor y Tierna, no diferenciadas en el área investigada.
- Formación Guaduas (KTg): La Formación Guaduas constituye la transición del Cretáceo superior al Terciario, y está constituida por una secuencia de arcillolitas grises principalmente, areniscas friables y horizontes de carbón interestratificados. El espesor estimado es de 570 metros. Las exposiciones

⁹ Ibíd.

de la Formación Guaduas, al Norte de Paipa están perturbadas por efectos de la Falla de Boyacá.

- Formación Bogotá (Tb): Al Suroccidente de Paipa se exponen areniscas friables, arcillas rojizas a amarillentas correspondientes a la Formación Bogotá, de edad Paleoceno (Van der Hammen). Su espesor se estima en cerca de 250 metros.
- Formación Tilatá (Tst): La Formación Tilatá, de edad Plioceno a Pleistoceno, está compuesta por capas de gravas, conglomerados, arenas y arcillas. El espesor estimado es de cerca de 150 metros. Esta Formación yace discordantemente sobre unidades preexistentes.
- Depósitos aluviales (Qa): Una amplia exposición de depósitos aluviales compuestos de limos, arcillas y arenas, caracteriza las planicies en la vecindad del Río Chicamocha y parte del sitio del casco urbano de Paipa.
- Cuaternario sin diferenciar (Qt): Depósitos de talud y otros derivados de movimientos en masa recientes, compuestos de arenas, arcillas y limos.

6.2.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La investigación, en este capítulo, preciso de estudiar lo que se refiere a la corteza terrestre, sus estructuras y la relación de las rocas que las forman, en la zona de los títulos mineros encontrados en Paipa, con información obtenida a partir del POT, y todo este análisis se expone a continuación, en los siguientes términos:

La región de Paipa está caracterizada por dos provincias morfoestructurales contrastantes. Hacia el Norte de la Falla de Boyacá se destaca un bloque tectónico levantado en el cual se identifica el Sinclinal de Los Medios, y el Anticlinal de Arcabuco. Hacia el Sur de la Falla de Boyacá se observa un bloque tectónico deprimido de paisaje ondulado, correspondiente al llamado Bajo Estructural ó Depresión del Río Chicamocha. Mientras en el bloque norte se presentan estructuras plegadas amplias y básicamente constituidas por rocas del Jurásico y Triásico, en el bloque sur, es decir la Depresión del Chicamocha, son notorios los plegamientos cortos y estrechos, y estructuras plegadas volcadas por acción de gravedad.¹⁰

- Falla de Boyacá: La Falla de Boyacá es una falla fundamental de carácter regional, de tipo inverso, convergencia al NW y sobresale como un lineamiento de tendencia N45E. La falla afecta sedimentos antiguos

¹⁰ Ibíd.

Juratriásicos y rocas Cretácicas, y constituye una barrera natural que delimitó la sedimentación del Terciario en la Depresión del Río Chicamocha. La Falla de Boyacá posee un trazo nítido en las fotografías aéreas, y presenta numerosas expresiones geomórficas y evidencias geológicas que confirman este accidente tectónico. Escarpes degradados de falla y un intenso brechamiento son comunes. En el sector de Paipa no se hallaron evidencias claras de actividad neotectónica, pero algunos indicios geomórficos sugieren actividad durante el Cuaternario.

- Falla El Curial: La falla El Curial se localiza al Sur del Corregimiento de Palermo, y presenta una tendencia N100 E. Brechas, escarpes de falla y dislocaciones en estratos constituyen evidencias de la falla, la cual está asociada a otros lineamientos de similar tendencia que podrían constituir la extensión de la misma. Toda esta zona asociando la falla y otros lineamientos se ha denominado como la Zona de fracturamiento de Palermo. Reviste gran importancia desde el punto de vista de la presencia de alta densidad de inestabilidad y movimientos de masa asociados, punto sobre el cual nos referiremos en el ítem Análisis de Amenazas Naturales.
- Anticlinal de Arcabuco: El anticlinal de Arcabuco constituye un pliegue cuyo eje se orienta según tendencia N78E y afecta rocas Triásico-Jurásicas y Cretácicas. Su origen se asocia al levantamiento final Andino que dio lugar a la Cordillera Oriental en el Terciario. El pliegue es amplio y se extiende más hacia el Occidente, fuera del área; generalizando, el flanco Sur presenta aproximadamente 20 grados de buzamiento, mientras su flanco Norte presenta 15 grados de buzamiento. Su núcleo erosionado descubre rocas del Triásico y está caracterizado por valles fluviales relativamente profundos de los ríos Cuestanó y Chontal.
- Sinclinal de Los Medios: El Sinclinal de Los Medios es una estructura amplia de tendencia NE que parcialmente se identifica en el área. Es una estructura amplia con cabeceo al Oriente y que afecta unidades Jura Triásicas y Cretácicas.

6.2.2 MUNICIPIO DE FIRAVITOBA

El Municipio de Firavitoba muestra un punto de referencia para el desarrollo de la investigación, por tanto lo mostrado en el EOT de este Municipio, es de gran relevancia, en dicho informe se expone:

Geológicamente el área de estudio se encuentra localizada al sur del macizo de Floresta, formando parte de la cuenca Sogamoso – Paz de Río. Las rocas que afloran en el Municipio de Firavitoba son de origen sedimentario, las cuales han sido depositadas desde el Cretáceo Inferior hasta el Terciario Superior y depósitos

no consolidados del Cuaternario. La tectónica general de la zona está controlada por la Falla de Soapaga al suroeste del municipio, la cual sigue un rumbo suroeste – noreste, que condiciona la orientación de las formaciones aflorantes. Estratigráficamente se identifican dentro del municipio las Formaciones Tibasosa (Kit), Belencito (Kib), Une (Kmu), Churuvita (Ksch), Conejo (Ksc), Socha Superior (Tpss) y Picacho (Tep), además de depósitos de origen aluvial, fluvio lacustre y suelos residuales.¹¹

6.2.2.1 ESTRATIGRAFÍA

Seguidamente, se describe cada una de las unidades litoestratigráficas que afloran en el Municipio de Firavitoba (ver columna estratigráfica general) tomando como esquema su edad estudiándolas desde las más antiguas a las más jóvenes y cuya cartografía se presenta asocia al presente informe.












¹¹ EOT de Firavitoba. Gobernación de Boyacá. En. http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=282. (08/11/2016)

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DEL MUNICIPIO DE FIRAVITOBA

Nelsy Patricia López Toro y Cristian Julian Ruiz Díaz

CONVENCIONES

	Arcillolitas		Arcillas		Caliza		Areniscas Conglomeráticas
	Areniscas		Lodolitas		Limolitas		Areniscas calcáreas

		FORMACIÓN	ESPESOR	COLUMNA	DESCRIPCIÓN
Cenozoico	Eoceno	Depósito aluvial	80 m		Material erodado y mal seleccionado redondeado proveniente de formaciones aledañas y de espesor variable
		Concentración	140 m		Arcillolitas grises, con intercalaciones de arenisca de grano medio y a veces conglomeráticos
		Picacho	210 m		Areniscas blancas de grano fino a grueso, con niveles conglomeráticos, estratificación cruzada y algunos niveles arcillosos
	Plioceno	Arcillas del Socha	250 m		Arcillas grises, verduscas intercaladas con niveles de arenisca gris de grano fino a medio.
		Areniscas del Socha	102 m		Areniscas cuarzosas de granos medio a fino y arcillolitas grises y rojizas
Mesozoico	Cretácico superior	Guaduas	190 m		Arcillolitas grises a negruzcas con algunas zonas arenosas
		Conejo	165 m		Arcillolitas de colores gris oscuro, amarillo y rojo con intercalaciones de estratos de areniscas cuarzosas de grano fino
		Churuvita	215 m		Areniscas basales con alternancia en la parte media de arcillolitas y areniscas, limolitas silíceas al techo presenta calizas con intercalación de arcilla caolinítica
	Cretácico inferior	Une	505 m		Areniscas blancuzcas o amarillentas con cemento silíceo, de grano medio a grueso, con capas gruesas en intercalación de shales negros frecuentemente hacia el techo
		Belencito	150 m		Alternancia de bancos de calizas, arcillolitas y areniscas.
		Tibasosa	80 m		Frecuentes capas de arcillolitas negras hacia el techo seguidas por intercalaciones de arenisca calcárea

Fuente: Autores

Columna 2 Estratigráfica general, Municipio de Firavitoba

Se observa en la columna estratigráfica general del municipio de Firavitoba donde se encuentran algunos de los títulos mineros en estudio, una interpretación con datos que a continuación ofrece el EOT de Firavitoba¹²:

- Formación Tibasosa (Kit): En el Municipio de Firavitoba afloran los dos miembros superiores de la Formación Tibasosa, tomando como base la descripción estratigráfica propuesta por Italo Reyes (1984). El miembro intermedio de esta Formación (Kit2) aflora parcialmente al suroeste del municipio en límites con el municipio de Pesca, está constituido esencialmente por intercalaciones de bancos de caliza de hasta tres metros de espesor con arcillolitas y areniscas calcáreas. El miembro superior (Kit1) predominantemente arcilloso está conformado principalmente por arcillolitas con algunas intercalaciones de caliza, notándose hacia el techo de la formación algunos bancos de arenisca micácea muy compacta con algunas intercalaciones de arcillolitas. En el municipio aflora parcialmente hacia la parte occidental, en las veredas El Bosque y San Antonio.
- Formación Belencito (Kib): Corresponde al miembro calcáreo superior de la Formación Tibasosa, pero fue elevada al rango de Formación (Reyes, I. 1984) por presentar características litológicas y geomorfológicas propias. Esta formación tiene su mejor exposición al noreste del municipio en las veredas de Mombita Alto, Diravita Alto, La Victoria, Irboa y Las Monjas, abarcando una gran extensión del área municipal. Esta formación aflora parcialmente al occidente del municipio en las veredas del Bosque y San Antonio.
- La importancia de esta Formación en el contexto municipal radica en el alto potencial económico que presenta, por cuanto esta formación cuenta con una gran cantidad de reservas de roca caliza que es explotada por los pequeños mineros del municipio y posteriormente es comercializada con las cementeras (Cementos Samper, Cementos Boyacá y Cementos Paz del Río). Litológicamente, la Formación Belencito está constituida por:
- Un conjunto arcilloso en la parte inferior, compuesto por arcillolitas amarillas de espesor considerable, con esporádicas intercalaciones de calizas fosilíferas.
- Un segundo miembro conformado por potentes bancos de caliza gris fosilífera, con algunas intercalaciones de arcillolitas y areniscas calcáreas de grano fino. Este conjunto calcáreo se encuentra separado de uno superior, por un miembro intermedio conformado por arcillolitas de color gris con delgadas intercalaciones de areniscas micáceas de grano fino.
- El miembro superior de la Formación Belencito está constituido hacia la base por potentes bancos de calizas grises fosilíferas con algunas

¹² Ibíd.

intercalaciones de areniscas de grano fino; hacia el techo este miembro está conformado por arcillolitas de color gris con algunas intercalaciones de areniscas micáceas de grano fino y alternancia de algunos bancos de caliza con arcillolitas y areniscas.

- Formación Une (Kmu): El área aflorante de esta Formación está compuesta por una alternancia de areniscas y arcillolitas hacia la base, seguida por potentes bancos de areniscas friables de grano grueso, con delgadas intercalaciones de arcillolitas y limolitas grises que van aumentando su espesor hacia el techo, a la vez que se hacen más frecuentes. Aflora en gran parte del municipio, formando una franja de considerable extensión, localizada hacia la parte central del área municipal, abarcando las veredas de Baratoa, Bosque, Calavernas, Alcaparral, Ocán, Mombita Alto, La Victoria y Diravita Alto, en límites con el municipio de Tibasosa. Los sitios donde aflora la Formación Une se caracterizan por presentar grandes escarpes que resaltan la topografía del terreno y forman el Cerro de Guática.
- Formación Churuvita (Ksch): Al occidente de la cabecera municipal, en las veredas de Ocán y un sector de Alcaparral, aflora parte del grupo Churuvita, representado por una secuencia de arcillolitas grises bien laminadas con la presencia de esporádicos estratos de areniscas de grano fino, seguida hacia la parte media por una sucesión de arcillolitas y limolitas interestratificadas con bancos de arenisca de considerable espesor y hacia la parte superior, la constituyen arcillolitas de color claro con algunas intercalaciones de areniscas. En el municipio se localiza en las veredas Alcaparral, sobre la loma La Tebaida y en gran parte de la vereda Ocán.
- Formación Conejo (Kscn): Al igual que el grupo Churuvita, la Formación Conejo se reconoce parcialmente al suroccidente de la cabecera municipal, principalmente en la vereda Alcaparral. Está constituida por una sucesión de arcillolitas de colores gris oscuro, amarillo y rojo, bien laminadas y con intercalaciones de estratos de areniscas cuarzosas de grano fino. En general, la formación conejo tiene 300 m. de espesor y su ambiente de depositación es típicamente marino; comprende el Coniaciano inferior. Está constituida por una sucesión de areniscas cuarzosas blancuzcas de grano fino en paquetes que alcanzan los 20 m. de espesor hacia el techo de la formación, lutitas de color gris oscuro a negro de considerable espesor en la parte media y hacia la base se encuentran shales de color gris oscuro a claro.
- Formación Socha Superior (Tpss): Este nombre fue dado por ALVARADO Y SARMIENTO (1944) a una exposición de estratos localizados al sur de la población de Socha Viejo. Consistente principalmente de arcillolitas, situadas estratigráficamente sobre las areniscas de la formación Socha Inferior. Está compuesta por capas de arcillolitas grises intercaladas con bancos de areniscas color blanco amarillento y estratificación gradada, que constituyen la parte inferior de la formación. La parte intermedia está

constituida por areniscas grisáceas intercaladas con arcillolitas fisibles abigarradas. La parte superior de la formación se compone básicamente de arcillolitas abigarradas, de color rojo, verdoso, morado intercaladas con areniscas de grano grueso, de color gris verdosas. Tiene un espesor de 250 metros. El contacto con la formación suprayacente es evidente, representado por el contraste entre la topografía suave y ondulada, producto de su composición predominantemente arcillosa. Su origen es continental, formada en lagunas litorales subsidentes. La presencia de algas e intercalaciones calcáreas en la parte media inferior y media superior de la formación evidencia depósitos de aguas salobres.

- Formación Picacho (Tep): Nombre dado por ALVARADO Y SARMIENTO (1944) a las areniscas que forman el cerro Picacho al Noreste del casco urbano de Paz de Río. El origen es continental, depositada en un ambiente deltáico. Está constituida en su parte inferior por areniscas blancas de grano medio a grueso en ocasiones conglomeráticas, con estratificación cruzada, limpias, moderadamente duras a friables con intercalaciones arcillosas en la parte superior; hacia la parte media de la formación es común encontrar zonas impregnadas de asfalto debido a la alta porosidad. La parte superior está constituida por bancos de areniscas masivas y bancos gruesos de arcillolita. En la zona de estudio ésta formación aflora en las Lomas de Gotua, y presenta espesor variable entre 180 y 220 metros. El miembro inferior es fácilmente identificable por los escarpes que forman las rocas arenosas.
- Depósitos Cuaternarios (Q): En una gran extensión del municipio, se encuentran depósitos no consolidados, formados en distintas épocas del Cuaternario, los cuales fueron depositados posterior a la formación de la Cordillera Oriental. Comprende depósitos de origen fluvio lacustre, aluvial y coluvial que se encuentran cubriendo parcialmente y de manera discordante algunas de las formaciones identificadas en el área. En el municipio existen dos clases de depósitos: coluviales y depósitos de suelos residuales, los cuales debido a su posición topográfica, a su origen y al hecho de encontrarse entrelazado es difícil establecer unos límites claros formando así un gran depósito mixto conformado por materiales aluviales de la Quebrada Los Frailes, formando el valle de Alcaparral; quebrada Grande al norte de la cabecera municipal, formando el valle de Diravita, que en algunos sectores presenta materiales de origen lacustre, y del Río Chiquito, que forma el valle del mismo nombre, el cual se extiende de suroccidente a nororiente del municipio abarcando una gran extensión. Este valle, además de presentar materiales aluviales, presenta características de depósito fluvio lacustre a medida que sus facies varían lateralmente hacia el suroriente.

6.2.2.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La importancia de este apartado radica en la exposición del informe dado en el EOT de Firavitoba, que en síntesis plantea los resultados de los análisis hechos a las formaciones estructuras y sus relaciones, puesto que son datos de relevancia para la obtención de los resultados de la presente investigación. El planteamiento es el siguiente:

El alto replegamiento observado en las rocas aflorantes en el área indica que éstas han estado sometidas a esfuerzos compresionales, evidenciado por La presencia de fallas inversas en la región, aunque se suponen épocas en las que la tectónica fue de tipo distensivo, que se manifiesta con la presencia de cuerpos ígneos a nivel regional y local como los cuerpos volcánicos de Iza y Paipa.

Tectónicamente, se identifica en la región como rasgo principal la Falla de Soapaga la cual tiene gran influencia en la tectónica local.

En general se manifiesta una tectónica compleja, en la que son frecuentes plegamientos y fallas de tipo longitudinal y transversal. Las estructuras presentan una dirección preferencial NE - SW, la cual corresponde a la directriz tectónica normal para la cordillera oriental en Boyacá.¹³

- Anticlinal de Toledo: Es una estructura de carácter regional, con dirección noreste y en el municipio tiene como núcleo la Formación Tibasosa y sus flancos constituidos por la Formación Belencito y Une; los estratos de ésta última se vuelcan en un sector de la vereda Alcaparral. Se localiza en las veredas San Antonio, Bosque, Baratoa y Alcaparral. Está cortada al Este por la falla Los Frailes.
- Sinclinal de las Monjas: Estructura local, que afecta las rocas de la Formación Belencito. Se localiza en las veredas de Monjas y Diravita Llano. Posee dirección Este – Oeste. El municipio se encuentra afectado por numerosas fracturas asociadas a la falla de Soapaga, de carácter local. Algunas de ellas con mayor influencia que otras. Dentro de las más importantes figuran:
- Falla Soapaga: Esta gran falla separa dos regiones con estilo morfoestructural muy diferente y es evidente su influencia en las facies de los depósitos sedimentarios por lo menos durante todo el Terciario. En el área de estudio la falla lleva una dirección NNE – SSW. Dada la evidencia del cabalgamiento, el buzamiento de la superficie de falla debe ser hacia el

¹³ Ibíd.

noroeste, con ángulo de inclinación desconocido. La falla de Soapaga esta dislocada, en todo su trayecto por algunas fallas direccionales disyuntivas, que la desplazan transversalmente aumentando los corrimientos sobre las formaciones terciarias. Según REYES Italo, 1984, en la región de Sogamoso – Duitama – Paz del Río, hay que considerar dos distintas provincias tectónicas: El macizo de Floresta que corresponde a una zona compleja levantada, y la cobertera plegada formada por la serie sedimentaria neocretácico-terciaria; las dos provincias están separadas por la falla de Soapaga que representa un límite tectónico y geomorfológico de gran importancia. La Falla Inversa de Soapaga atraviesa al municipio de Firavitoba en cercanías a la Loma La Tebaida, hasta el sector noreste muy cerca al límite con el Municipio de Sogamoso; se encuentra en su totalidad sepultada por los depósitos Cuaternarios que conforman litológicamente el sector. El desplazamiento de ésta falla alcanza los 2500 m (REYES Italo, 1984). Localmente los efectos de la Falla se aprecian en la inversión de la secuencia calcárea que bordea el valle del Río Chiquito, y un intenso plegamiento y fracturamiento de las rocas.

- Falla de San Antonio: Falla con dirección NS, ubicada en la vereda San Antonio, y que pone en contacto las rocas de la Formación Une con las rocas de la Formación Belencito inferior; en el flanco derecho del anticlinal de Toledo.
- Falla Los Frailes: Es una falla de rumbo sinistral, con dirección NW, que desplaza las rocas de la Formación Une y está alineada con la Quebrada Los Frailes.
- Falla Quebrada Grande: Se encuentra alineada con la Quebrada Grande. Tiene dirección NW; cruza por las estribaciones del Cerro de Guática, y se prolonga por el territorio de Tibasosa.
- Falla de Quebrada Seca: Esta es una falla con dirección NW, ubicada en la vereda San Antonio, y que pone en contacto las rocas de la Formación Une con las rocas de la Formación Belencito inferior; en el flanco derecho del anticlinal de Toledo.
- Falla Ocán: Se trata de una estructura con dirección NE – SW aproximadamente paralela al eje del sinclinal de las Monjas, afecta rocas de edad Cretácicas de las formaciones Churuvita, Conejo y Belencito, se encuentra parcialmente cubierta por el cuaternario aluvial del valle de Firavitoba.

6.2.3 MUNICIPIO DE IZA

El Municipio de Iza modelo de punto de observación para el desarrollo de la investigación, por ende lo presentado en el EOT de este Municipio, es de gran importancia, en dicho informe se presenta:

Geológicamente en el municipio de Iza, afloran rocas de origen sedimentario, pertenecientes a las formaciones Conejo, Ermitaño, Guaduas, Socha Inferior, Socha Superior, Picacho y Concentración, además de un depósito de rocas ígneas intrusivas (riolitas) de origen hidrotermal, localizada al oeste del Municipio. Dichas rocas tienen edades que van desde el Cretácico Superior y Terciario Inferior las cuales se encuentran cubiertas parcialmente por depósitos aluviales y coluviales de edad Cuaternaria. Las formaciones antes mencionadas se extienden longitudinalmente en el área del Municipio con una orientación preferencial suroeste-noreste (SW-NE). El área hace parte de la cordillera oriental en un sector en donde la deformación a que fueron sometidas las rocas produjo los principales rasgos estructurales en la región. Las estructuras geológicas más importantes en el Municipio son:

El sinclinal de Sinclinal de San Miguel en cuyo núcleo se encuentran rocas de edad Cretácea, de la Formación Guaduas, el anticlinal La Praga cuyo eje está constituido por rocas de edad Cretácea de la Formación Conejo, la falla de Callejuelas, paralela a los ejes de las dos estructuras principales; también existen otras fallas menores asociadas a la falla de Soapaga que se constituye en uno de los rasgos tectónicos más importantes de la provincia.¹⁴

6.2.3.1 ESTRATIGRAFÍA












Posteriormente, se describe cada una de las unidades litoestratigráficas que afloran en el Municipio de Iza (ver columna estratigráfica general) tomando como referencia las principales unidades de roca que constituyen la secuencia sedimentaria presente en el área del Municipio de Iza y cuya cartografía se presenta asocia al presente informe.













¹⁴ EOT de Iza. Gobernación de Boyacá. En. http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=282. (08/11/2016)

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DEL MUNICIPIO DE IZA

Nelsy Patricia López Toro y Cristian Julian Ruiz Díaz

CONVENCIONES

	Arcillolitas		Arcillas		Caliza		Conglomerado
	Areniscas		Lodolitas		Limolitas		Andesitas y pórfidos riolíticos
	Fosforitas		Chert		Carbón		

	FORMACIÓN	ESPESOR	COLUMNA	DESCRIPCIÓN
Cenozoico	Cuaternario	113 m		Comprende depósitos de origen glacial, fluvioacustre y coluvial
	Neógeno			Andesitas y pórfidos riolíticos
	Eoceno	120 m		Areniscas de color rojizo, grano grueso, arcillolitas caoliniticas; areniscas con tonos púrpura grano fino a medio; conglomerados arenosos de color amarillo- naranja
	Picacho	125 m		Areniscas feldespáticas de grano medio a grueso, con intercalaciones de lentes conglomeráticos con cantos de cuarzo y algunos niveles arcillosos
Mesozoico	Arcillas del Socha	230 m		Lodolitas abigarradas de color gris claro, morado, rojizo y ocre, con intercalaciones de areniscas de grano fino a medio
	Areniscas del Socha	110 m		Areniscas pardas de grano grueso a medio, suprayacido por una sucesión de arcillolitas grises y bancos delgados de areniscas de grano fino; continua un banco de areniscas blancas
	Guaduas	152 m		Arcillolitas grises a negruzcas con intercalaciones de areniscas cuarzosas de grano fino y limolitas negras.
	Labor y Tierna	160.8 m		Areniscas cuarzosas basales de grano medio a grueso, limolitas seguido por algunos niveles de forsoforita y arcillolitas y hacia el techo limolitas y areniscas cuarzosas predominante de grano fino
	Los pinos	148 m		Lodolitas oscuras intercaladas con limolitas y areniscas con grano fino y cherts; arcillolitas negras a gris medio intercalada con calizas, lodolitas negras y limolitas cuarzosas gris oscuro
	Plaeners	98 m		Limolitas silíceas con niveles de arcillolitas con capas de fosforita y areniscas cuarzosas
	Areniscas dura	192.5 m		Areniscas cuarzosas de grano fino a medio con intercalaciones de limolitas y arcillolitas, con capas de caliza (biomicrita y bioesparita).
	Chipaque	80 m		Limolitas silíceas de color gris con niveles de areniscas de grano fino y bancos de caliza

Fuente: Autores

Columna 3 Estratigráfica general, Municipio de Iza

Se observa en la columna estratigráfica general del Municipio de Iza donde se encuentran unos de los títulos mineros en análisis, una interpretación con datos que a continuación ofrece el EOT de Iza.¹⁵

- Período Cretácico Superior
- Formación Guaduas (Ksg): La transición Cretácico-Terciario está representada por las rocas de la Formación Guaduas. Con este nombre ALVARADO Y SARMIENTO (1944), identifican una secuencia litológica que contiene mantos de carbón, análogo a la secuencia definida por HETTNER (1982) y expuesta en la región de Guaduas Cundinamarca, redefinida por Hubach, E. (1957) y Reyes, I. (1984), quien definió dos miembros, el inferior compuesto de arcillolitas fisibles negruzcas con zonas arenosas conocido como Guaduas estéril y el superior constituido por una intercalación de areniscas delgadas, arcillolitas y mantos de carbón, económicamente explotables. En el municipio esta formación aflora en las veredas de Agua caliente, Carichana y Chiguata; en donde se pueden observar algunos socavones que se utilizan para la extracción de carbón. Esta Formación presenta una topografía ondulada creando un marcado contraste con la Formación Ermitaño que le infrayace, se encuentra formando el núcleo del sinclinal volcado de San Miguel.
- Periodo Terciario (T):
- Formación Socha Interior (Tsi). Con este nombre ALVARADO Y SARMIENTO (1944). identificaron al conjunto litológico aflorante en la localidad de Socha Viejo, Boyacá consistente en el primer conjunto de areniscas masivas que reposan en forma concordante sobre los niveles productivos de carbón de la formación Guaduas La secuencia de a Formación consta de un banco de areniscas pardas de grano grueso a medio, con un espesor aproximado de 16 m; supra yacido por una sucesión de arcillolitas grises y bancos delgados de areniscas de grano fino; continua un banco de areniscas blancas las cuales presentan estratificación cruzada y un espesor de 40 M. En el área de estudio aflora en al sector de Agua Caliente hacia la cota 2900 m.s.n.m. aproximadamente. Los estratos presentan rumbo NE y buzan al NW. Esta formación fue datada por VAN DER HAMMEN como del Paleoceno.
- Formación Socha Superior (Tpss): Este nombre fue dado por ALVARADO Y SARMIENTO (1944) a una exposición de estratos localizados al sur de la población de Socha Viejo, consistentes principalmente en arcillolitas, ubicadas estratigráficamente sobre las areniscas de la formación Socha Inferior. Está compuesta por capas de arcillolitas grises intercaladas con bancos de areniscas color blanco amarillento y estratificación gradada, que

¹⁵ Ibíd.

constituyen la parte inferior de la formación. La parte intermedia está constituida por areniscas grisáceas intercaladas con arcillolitas fisibles abigarradas. La parte superior de la formación se compone básicamente de arcillolitas abigarradas intercaladas con areniscas gris verdoso. El contacto con la formación suprayacente es evidente, representado por el contraste entre la topografía suave y ondulada, producto de su composición predominantemente arcillosa y la topografía un poco más fuerte típica de formaciones arenosas. La edad asignada por VAN DER HAMMEN (1957) a esta formación es Terciario Paleoceno. En el área de interés se identifica en la vereda Usamena, en una mínima extensión sobre la margen izquierda de la vía Iza - Sogamoso.

- Formación Picacho (Tep): Nombre dado por ALVARADO Y SARMIENTO (1944) a las areniscas que forman el cerro Picacho al Noreste del casco urbano de Paz de Rio. Está constituida en su parte inferior por areniscas blancas de grano medio a grueso en ocasiones conglomeráticas, con estratificación cruzada; hacia la parte media de la formación es común encontrar zonas impregnadas de asfalto. La parte superior está constituida por bancos de areniscas masivas. La edad de esta formación fue considerada por VAN DER HAMMEN (1955) como Eoceno Inferior. En el área aflora en una pequeña extensión hasta la parte noroeste del municipio en la vereda Usamena.
- Formación Concentración (Toc): El nombre de esta formación fue dado por ALVARADO Y SARMIENTO (1944), a la secuencia expuesta cerca al caserío conocido como Concentración localizado sobre la carretera Belén - Paz de Rio. En el área, aflora en una pequeña extensión al Noreste del casco urbano del Municipio en la vereda Usamena. Está constituida por una alternancia de arcillolitas grises, areniscas y niveles conglomeráticos de color rojizo con algunos vestigios de óxidos de hierro. Cronológicamente VAN DER HAMMEN (1957) ubica esta formación entre el Eoceno Medio y el Oligoceno Medio.
- Depósitos cuaternarios (Q): Comprenden depósitos de origen glacial, fluvio lacustre y coluvial que se encuentran cubriendo parcialmente y de manera discordante algunas de las formaciones identificadas en el área.
- Depósitos Glaciales (Qg): Son depósitos de transporte glacial constituidos generalmente por bloques de areniscas compactas de diferentes tamaños, embebidas dentro de una matriz arenolimsa de color gris, con contenido de materia orgánica. En el área de estudio los depósitos de este tipo se localizan al suroeste del casco urbano del municipio en la vereda San Miguel. Como se puede observar en el mapa geológico.
- Depósitos Coluviales (Qc): Están compuestos por fragmentos de roca de diferentes tamaños y composición, dispuestos de manera caótica dentro de una matriz arcillo arenosa. El material rocoso proviene de las formaciones inmediatamente contiguas al lugar donde se localizan estos depósitos y que

se han formado por diferentes procesos En el área se localizan cerca al cuerpo ígneo en la vereda Agua Caliente.

- Depósito de Riolita (Qr): Es un depósito de origen hidrotermal de tipo ígneo intrusivo compuesto principalmente por riolitas y andesitas. Está localizado al occidente del municipio de Iza a 0.7 Km aproximadamente en la vereda Aguacaliente. A este depósito dómico, de forma alargada, se atribuye una edad cuaternaria en razón a que en análisis anteriormente realizados y en la bibliografía consultada, no se encuentran muestras de riolita en depósitos cuaternarios, lo cual quiere decir que el emplazamiento es reciente, ya que de lo contrario el cuerpo habría sufrido algún periodo erosivo, depositando entonces cantos sobre alguno de los cuaternarios identificados.

6.2.3.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología estructural de la zona de Iza presenta unos elementos importantes que sirven para el logro de la investigación por esto, en este apartado de la geología estructural de Iza fue de gran importancia por el alto plegamiento observado en las rocas aflorantes en el área, que indican que éstas han estado sometidas a esfuerzos de compresión, evidenciado por la presencia de fallas inversas en la región, aunque se suponen épocas en las que la tectónica fue de tipo distensivo, que se manifiesta con la presencia de cuerpos ígneos intrusivos a nivel regional y local como los cuerpos volcánicos de Iza y Paipa.

La salida del cuerpo dómico afectó la topografía producida por las litologías que constituyen las formaciones Guaduas y Socha Inferior, generando un plegamiento en forma de aureola. Tectónicamente se identifica en la región como rasgo principal la falla de Soapaga la cual tiene gran influencia en la tectónica local.

En general se manifiesta una tectónica compleja, en la que son frecuentes plegamientos y fallas de tipo longitudinal y transversal. Las estructuras presentan una dirección preferencial NE - SW, la cual corresponde a la directriz tectónica normal para la cordillera oriental en Boyacá.¹⁶

En el área de estudio se observan dos estructuras importantes y varias fallas:

¹⁶ Ibíd.

- Anticlinal De La Praga: Es un pliegue de forma simétrica que se localiza al Noreste del casco urbano del municipio; se aprecia en el camino que de Iza conduce al alto de la Praga. Hacia el suroeste del municipio, después del depósito cuaternario de Iza, no se observa continuidad del plegamiento, posiblemente por desplazamiento de su eje causado por fallas transversales que se presentan en el sector; se encuentran haciendo parte de esta estructura las rocas de las formaciones Conejo y Ermitaño, las cuales afloran siguiendo una dirección predominante SW - NE.
- Sinclinal De San Miguel: Se Localiza al Este del municipio hacia la cota 2.900 m.s.n.m., su eje tiene una dirección NE- SW. De esta estructura hacen parte las rocas de las formaciones Ermitaño y Guaduas, constituyendo ésta última el eje de dicha estructura, la cual presenta su flanco oriental en posición invertida.
- Falla de Callejuelas: De acuerdo a la directriz tectónica de la región, se puede afirmar que es una falla probablemente inversa que presenta una dirección NE-SW. buzando hacia el este. Hacia el norte del municipio pone en contacto rocas de la formación Concentración (Toc) con rocas de la formación Ermitaño (Kse). Hacia el Valle de Iza se encuentra inferida, probablemente afectando formaciones más recientes, hasta afectar las rocas riolíticas relacionando este aspecto con la presencia de aguas hidrotermales hacia el sector suroeste del municipio.
- Falla De Iza: Es una falla inversa, que está afectando toda la secuencia estratigráfica identificada en el área, con una dirección SW -NE. Se observa en el alto de la Fragua y probablemente está en estrecha relación con el evento volcánico de Iza y con la presencia de las aguas termales en el sitio conocido como ERIKA.
- Falla De El Batán: Es una falla de rumbo que se ha inferido porque si bien no se encuentran evidencias en campo tales como espejos de falla. Si se aprecia un intenso fracturamiento en las rocas próximas al río Tota y un desplazamiento súbito de las formaciones aflorantes. Tiene una posible dirección SW-NE y una eventual relación con la presencia de las aguas termales del sitio conocido como el BATAN.
- Falla de Cultiva — Tota: Se localiza al occidente del municipio hacia la cota 3 000 m.s.n.m. es una gran falla de cabalgamiento con dirección NE - SW y buzamiento al SW, ésta acunado la formación Ermitaño hacia el sector sur.
- Otras Fallas: En la región se encuentran fallas locales que han afectado el área: algunas de ellas son de tipo normal y de cabalgamiento, lo que ha originado una geología desordenada y compleja.

6.2.4 MUNICIPIO DE PESCA

El Municipio de Pesca ejemplar de materia de indicación para el desarrollo del estudio, en consecuencia lo expuesto en el EOT de este Municipio, es de gran relevancia, en dicho informe se presenta:

Regionalmente el municipio de Pesca se localiza sobre la cordillera oriental, se encuentran aflorando rocas de tipo sedimentario que van desde el Cretáceo hasta el Cuaternario, representadas por las formaciones Tibasosa con sus miembros Calcáreo inferior (Kit3), Arenaceo Intermedio (Kmt2), Calcáreo Superior (Kmt1), correspondientes al Cretáceo Inferior. La Formación Une (Kv2) representando al Cretáceo medio y las formaciones Churuvita (Ksch), Conejo (Ksch), Plaenners (Kg2), Labor y Tierna (Kg1) y Guaduas (Ktg) en el Cretáceo Superior.

También se encuentran aflorando rocas sedimentarias de edad Terciaria, representadas por las formaciones Socha Inferior (Tsi), Socha Superior (Tss), Picacho (Tp) y Concentración (Tc); mientras que el Depósito Cuaternario se observa en la zona urbana del municipio perteneciente al Aluvial del Río Pesca.

Tectónicamente el municipio de Pesca es una zona muy compleja debido a las fallas intensas que presenta, manifestado por dos rasgos estructurales de gran importancia, entre los que se encuentran la Falla de Soapaga, y la Falla El Hato, siendo estas responsables del actual modelado topográfico y el drenaje presente en el municipio.¹⁷

6.2.4.1 ESTRATIGRAFÍA











Posteriormente, se describe cada una de las unidades litoestratigráficas que afloran en el Municipio de Pesca (ver columna estratigráfica general) tomando como esquema su edad estudiándolas desde las más antiguas a las más jóvenes y cuya cartografía se presenta asocia al presente informe.


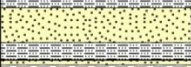
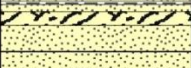
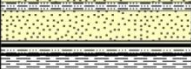
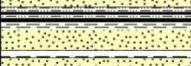
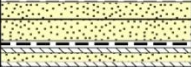
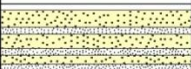


¹⁷ EOT de Pesca. Gobernación de Boyacá. En. http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=282. (08/11/2016)

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DEL MUNICIPIO DE PESCA

Nelsy Patricia López Toro y Cristian Julian Ruiz Díaz

CONVENCIONES

	Arcillolitas		Arcillas		Fosforita		Asfaltita
	Areniscas		Lodolitas		Limolitas		Carbón
	Liditas		Conglomerados				

		FORMACIÓN	ESPESOR	COLUMNA	DESCRIPCIÓN
Cenozoico		Cuaternario			Depositos coluviales (Arcillolitas grises, con intercalaciones de bancos de arenisca de grano medio y presencia de niveles conglomeráticos), depósitos aluviales
	Eoceno	Concentración	150 m		Arcillolitas grises, con intercalaciones de bancos de arenisca de grano medio y presencia de niveles conglomeráticos
		Picacho	130 m		Areniscas blancas y amarillas de grano medio a gruesos, presencia de zonas con niveles de asfalto y areniscas blancas duras a friables con intercalaciones arcillosas
	Paloceno	Areniscas del Socha	120 m		Bancos de areniscas cuarzosas de granos variable y arcillolitas grises y rojizas hacia la parte media
Mesozoico	Cretácico superior	Guaduas	235.9 m		Lodolitas grises oscuras a negras, arcillolitas gris - gris oscuras algunas amarillas pardo con intercalaciones de areniscas blancas amarillentas y presencia de carbón
		Labor y Tiema	110 m		areniscas a areniscas cuarzosas de grano fino a medio, friables con intercalaciones de lutitas fisibles
		Plaeners	122 m		Liditas amarillentas con intercalaciones de materiales arcillosos de color violeta, arcillas grisáceas, areniscas cuarzosas de grano fino a medio friables y en menor proporción capas de fosforita
	Cretácico inferior	Une	56 m		Bloques de cuarzoarenitas blancos y amarillentos, con intercalaciones de limolitas grises a gris oscuro
		Tibasosa	80 m		Areniscas meteorizadas micáceas muy compactas con alternancia de arcillolitas grisáceas a negras laminadas.

Fuente: Autores

Columna 4 Estratigráfica general, Municipio de Pesca

Se observa en la columna estratigráfica general del Municipio de Pesca donde se hallan unos de los títulos mineros en estudio, una interpretación con datos que a continuación ofrece el EOT de Pesca.¹⁸

- Depósitos Aluviales: Los depósitos Aluviales se presentan como resultado de la acción del río Pesca, y en la zona de estudio este depósito se encuentra hacia el costado noroccidental del casco urbano del municipio, y en varios sectores a lo largo de la rivera del cauce del río.
- Formación Concentración: La formación Concentración está conformada por dos miembros: el miembro Inferior que está constituido por intercalaciones de arenisca de grano fino, bancos de mineral de hierro oolítico de color rojizo, arcillolitas fisibles, negruzcas, gris-verdosas y arcillas arenosas blancas, plásticas. En la zona de estudio se encuentra aflorando el conjunto superior que consta principalmente de arcillolitas grises, con constantes intercalaciones de bancos de arenisca de grano medio y presencia de niveles conglomeráticos.
- Formación Picacho: Esta formación hace parte de un potente conjunto de areniscas, de color blanco, a veces conglomeráticas con guijas y guijarros en la base; es común encontrar estratificación cruzada y gradada bien diferenciada, presenta localmente niveles de arcillolitas laminadas. Localmente, hacia el costado occidental del municipio se encuentra aflorando el miembro inferior de la formación Picacho, constituido por areniscas blancas y amarillas, de grano medio a grueso, masivas, friables y a menudo conglomeráticas, y el miembro superior conformado por arcillolitas habanas y rojizas con intercalaciones de areniscas blancas. Esta formación también se caracteriza por la presencia de frecuentes zonas con niveles de asfalto, los cuales son explotados artesanalmente.
- Formación Plaeners: En gran parte de la zona de estudio correspondiente al tramo de la línea de conducción se encuentra aflorando la Formación Plaeners, constituida por una secuencia de areniscas cuarzosas con intercalaciones de shales y arcillas caoliníticas, por lo cual esta zona es susceptible a los fenómenos de remoción en masa descritos anteriormente. Esta formación presenta hacia la base algunas capas de porcelanita y variaciones laterales de fosforita, así como capas con intercalaciones de cherts y areniscas de grano fino, las cuales no se identificaron durante el recorrido realizado.
- Miembro Calcáreo Superior: Formación constituida por una sucesión de shales grises, seguido de una secuencia de calizas lumaquéllicas grises con intercalaciones de shales y arcillas pizarrosas. Esta formación se encuentra aflorando en la zona de estudio entre las veredas de Chagatá y Butagá.

¹⁸ Ibíd.

- **Formación Une:** La formación Une se encuentra aflorando en la zona de estudio, principalmente el sitio de la bocatoma del acueducto, está conformado por una secuencia de areniscas cuarzosas amarillas y grises, con frecuentes intercalaciones de shales hacia el techo. Los esfuerzos tectónicos del municipio de Pesca y de la zona de estudio han estado estrechamente ligados con la presencia fallas regionales importantes como la falla de Soapaga, El hato y fallas satélites que se encuentran distribuidas en la zona.

6.2.4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Pesca es un municipio que presenta datos destacados de frente al análisis de la geología estructural del presente estudio, es así que en la zona de observación se presentan fallas menores, de tipo normal e inverso pero que tienen importancia ya que son producto de la conjunción y transmisión de esfuerzos tensionales y compresionales a los que la zona ha sido sometida a lo largo de su historia geológica. La gran actividad tectónica a la que ha sido sometida la región, interviene de forma directa sobre el terreno, ya que los esfuerzos originados por estas fallas hacen que las rocas se encuentren fuertemente fracturadas ocasionando que la zona de estudio sea muy susceptible a movimientos en masa y deslizamientos, y por tanto de alto riesgo para la estabilidad del corredor de conducción.¹⁹

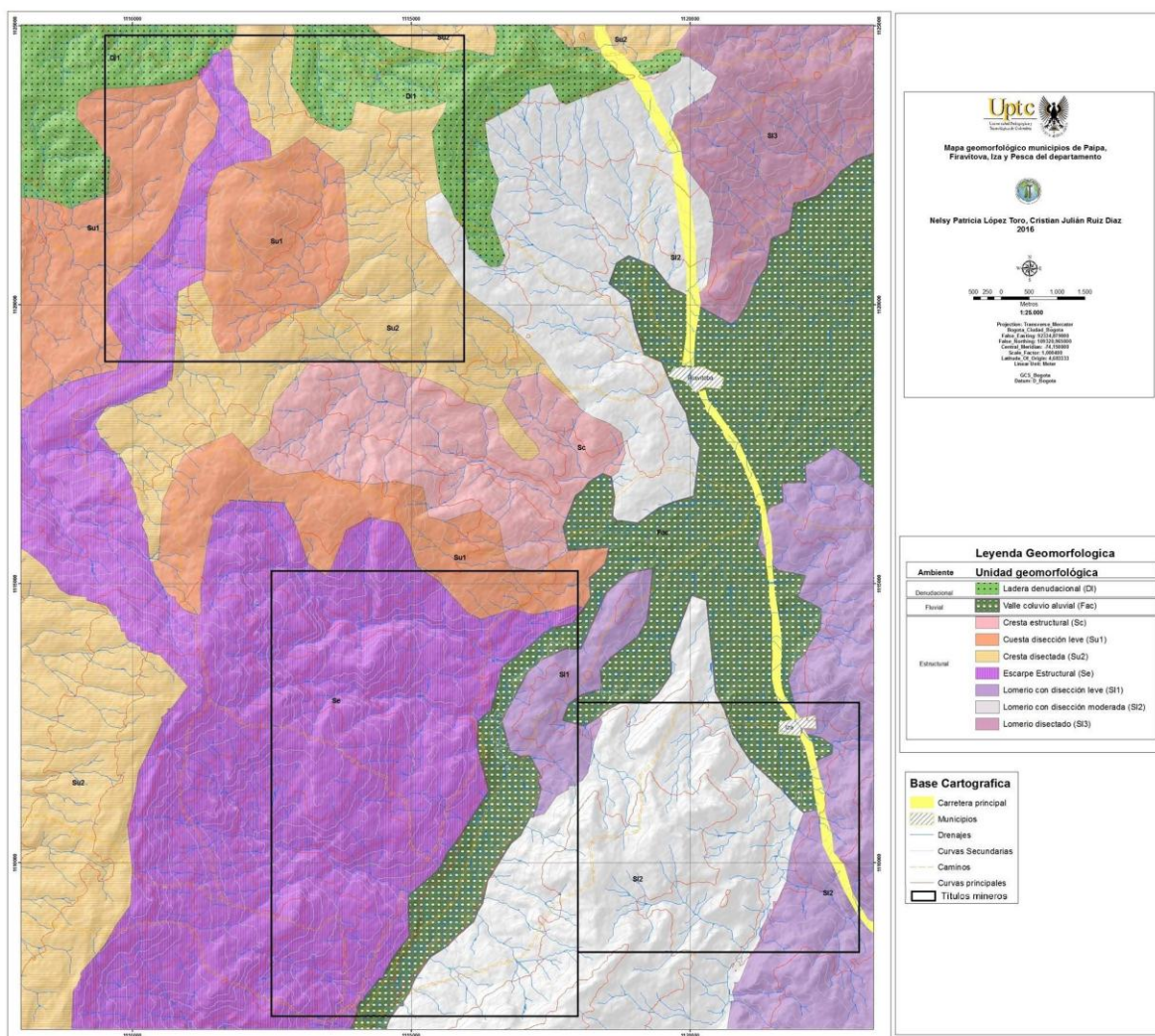
- **Falla de Soapaga:** La falla de Soapaga es de tipo inverso, producto de los esfuerzos compresionales de la región, presenta una dirección SW-NE paralela al río Pesca, y pone en contacto rocas del cretáceo inferior (Tibasosa y Une) con rocas del cretáceo superior (Conejo y Plaeners). Este rasgo tectónico se encuentra atravesando gran parte del municipio desde el extremo sureste, y ha sido de gran influencia en el modelado de los terrenos sobre los que se encuentra la tubería de conducción del acueducto, ya que ha producido gran cantidad de materiales que forman los depósitos coluviales encontrados en gran parte de la zona de estudio.
- **Falla El Hato:** En segundo lugar, existe una falla secundaria en extensión denominada Falla El Hato, que nace a la altura del nacimiento del río Pesca y se desplaza en dirección N60°E, recorriendo las veredas del Hato, Cháviga, Soacá y Chincúa. Esta Falla pone en contacto por el costado oriental la secuencia del cretáceo medio a superior (Kscn y Kg2) con rocas

¹⁹ Ibíd.

del Terciario (Toc y Tep), conformando un nido de rocas terciarias con las cretáceas del sector occidental del río Pesca.

7. MAPA GEOMORFOLÓGICO

En el presente trabajo se hace un breve análisis sobre los aspectos más relevantes de la cartografía geomorfológica de los municipios de Paipa, Firavitoba, Iza y Pesa en los cuales se encuentran las áreas de concesión minera otorgada a la empresa BOYMING S.A.S, la cual consiste en la elaboración del mapa geomorfológico, representando esencialmente el relieve, la fisiografía y las geoformas presentes en la zona (ver mapa geomorfológico).



Fuente: Autores

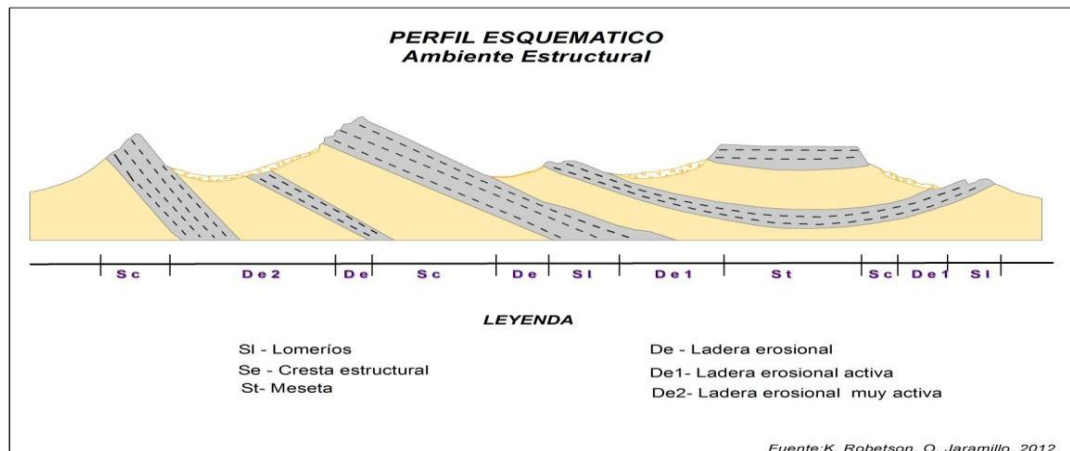
Mapa 3 Geomorfológico, zona de estudio, escala 1:25000

7.1 AMBIENTES GEOMORFOLÓGICOS

Es propio del contexto de la geomorfología el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocada a describir, entender su génesis y su actual comportamiento. Es por tal razón que el estudio de los títulos mineros en los municipios de Paipa, Firavitoba, Iza y Pesca, debe tener en cuenta sus macroambientes y geoformas en función de sus características morfodinámicas y edad relativa de la secuencia de geoformas tal y como lo describen Flores, et al, 1996 y Robertson, et al, 2003.²⁰

- Ambiente Estructural: El ambiente estructural corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos ígneos – metamórficos sin geoformas marcadas de otros ambientes. En este contexto, tanto la litología como la estructura de deformación de las rocas inciden para favorecer una disección distintiva de los bloques levantados y plegados. Mientras el grado de plegamiento de las rocas sedimentarias favorece geoformas específicas tales como mesetas y crestas estructurales, la tendencia masiva de las rocas ígneometamórficas tiende a generar la formación de cuchillas con pendientes similares y patrones de drenaje en función de los sistemas de diaclasas y fallas geológicas. Por tales motivos, los criterios de clasificación se agrupan principalmente en las diferencias litológicas y los controles estructurales de plegamiento y fallamiento que presentan las zonas levantadas. En las rocas sedimentarias plegadas se presentan tres geoformas clásicas en función del buzamientos de las capas de rocas competentes, mesetas, crestas (laderas estructurales) y hogbacks.

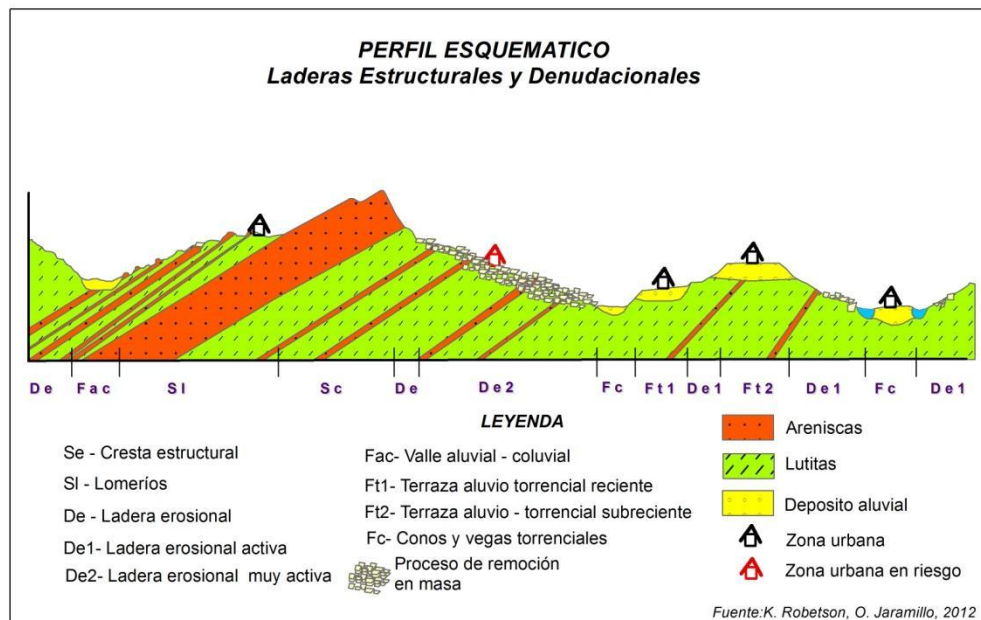
²⁰ En: Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1:1000. Bogotá D.C., Diciembre de 2013.



Fuente: Guía Metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000

Figura 7 Unidades Morfoestructurales con Laderas estructurales, Crestas estructurales, Mesetas estructurales y Laderas erosionales con procesos erosivos variables.

- **Ambiente Denudacional:** La disección de los paisajes por los procesos exógenos se manifiesta en procesos erosivos hídricos y gravitatorios o una combinación de los dos. Bajo condiciones climáticas secas, las formas erosivas relacionadas con disección y pérdidas del suelo generan fenómenos de erosión en forma laminar, surcos y cárcavas, es decir terrenos eriales. En cambio, condiciones húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con sus deslizamientos y flujos de suelos y escombros. Indudablemente, los dos procesos interactúan para producir un sinnúmero de combinaciones. Aun así, los procesos erosivos hídricos y de remoción en masa, constituyen los dos subambientes dominantes del Ambiente Denudacional. Dentro del Subambiente de Remoción en Masa se distinguen las laderas erosionales con escarpes estrechos, a veces representado en forma lineal y las laderas coluviales con remoción en masa más o menos activa. También son notorios los flujos torrenciales en la forma de vegas y conos de estabilidad variable, a veces difíciles de distinguir de los depósitos de ladera salvo por su forma típicamente de relleno y pendiente menor. Esta morfología también se relaciona con un drenaje complejo de dos o tres cauces secundarios separados por los flujos recientes dentro del mismo valle menor.



Fuente: Guía Metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000

Figura 8 Perfil esquemático con laderas estructurales y denudacionales con terrazas aluvial-torrenciales de edad relativa variable.

- **Ambiente Fluvial:** Este ambiente está dominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. Los ríos se encargan de transportar su carga líquida y sólida a lo largo del sistema fluvial generado procesos erosivos y de acumulación en función de su pendiente, caudal y carga de sedimentos. Estos procesos conllevan a la formación de las geoformas características del sistema fluvial, principalmente los Abanicos de piedemonte, las vegas aluviales de divagación, los Albardones (o dique aluvial), las Llanuras aluviales de inundación, las Terrazas aluviales, los Conos torrenciales, y las Ciénagas fluviales. Para los anteriores geoformas, la composición de los sedimentos varia significativamente, aspectos que pueden analizarse para la reconstrucción de los ambientes de acumulación (Walker, 1987).

SUBAMBIENTE

- **Ladera denudacional:** Se divide en 3:
 - **Ladera denudacional estable:** Laderas afectadas por erosión y coluviación, Moderada a Fuerte, Variable con coluviones, dentrítico a paralelo, variable, leve, remoción en masa.

- Ladera denudacional activa: Laderas afectadas por erosión y coluviación, Moderada a Fuerte, Variable con coluviones, dentrítico a paralelo, variable, moderada, remoción en masa.
- Ladera denudacional muy activa: Laderas afectadas por erosión y coluviación, Laderas afectadas por erosión y coluviación.
- Valle coluvio aluvial: Acumulaciones aluvio- torrenciales, formadas por flujos de sedimentos heterométricos, Moderada, torrencial, variable, variable, leve, disección y avalanchas.
- Cresta estructural: Se divide en 2:
 - Ladera Estructural: Laderas asimétricas compuestas por rocas sedimentarias competentes / no competentes plegadas, moderada a fuerte, roca en situ a coluvial, enrejado, areniscas y conglomerados, NA, movimientos planares y derrumbes.
 - Escarpe estructural: Laderas asimétricas compuestas por rocas sedimentarias competentes / no competentes plegadas, fuerte a muy fuerte, roca en situ a coluvial, enrejado, areniscas y conglomerados, NA, movimientos planares y derrumbes.
- Escarpe estructural: Escarpes de morfología abrupta, derivados de las fuerzas de plegamiento y la resistencia que ofrecen las rocas competentes a los agentes modeladores del relieve, fuerte a muy fuerte, roca en situ, NA, variable, NA, derrumbes.
- Lomerío con disección leve: Laderas asimétricas en rocas ígneas de disección variable, leve a moderada, roca en situ a coluvial, enrejado, rocas sedimentarias variable, leve, erosión laminar.
- Lomerío con disección moderada: Laderas simétricas en rocas sedimentarias disectadas con pendientes largas, moderada, roca en situ a coluvial, enrejado, rocas sedimentaria variable, leve a moderada, erosión laminar, formación de depósitos inestables.
- Lomerío disectado: Laderas simétricas en rocas sedimentarias disectadas con pendientes cortas, moderada, roca en situ a coluvial, enrejado, rocas sedimentaria variable, moderada a fuerte, erosión laminar, formación de depósitos inestables.

8. ANÁLISIS PETROGRÁFICO, MACROSCÓPICO Y MICROSCÓPICO

Boyacá es un departamento de Colombia que se ha caracterizado por ser uno de los más ricos en recursos minerales, razón por lo cual resulta atractivo para varias empresas que han centrado sus objetivos de inversión en dicho territorio, desarrollando planes de exploración en municipios ubicados en zonas estratégicas, que permiten y aseguran una explotación mineral para uso ingenieril, tecnológico y de construcción civil. Bajo esta premisa, se planteó y se desarrolló este proyecto de grado, que consolida el análisis petrográfico de varias áreas del departamento de Boyacá que hacen parte de los títulos mineros de la empresa BOYMING SAS, ejercicio con el cual se logró precisar la calidad de los recursos minerales encontrados en las diferentes zonas de estudio y cuyos resultados se presentan detalladamente a lo largo de los siguientes numerales.

8.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 1



Fuente: Autores

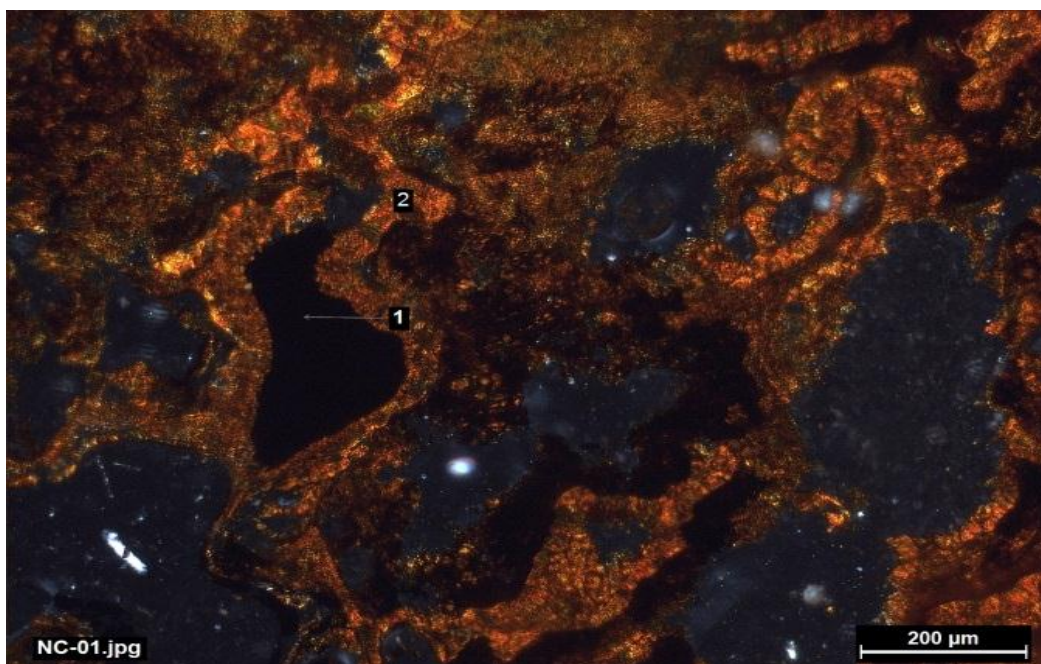
Figura 9 Muestra macro #1

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACIÓN
<i>Moderate yellowish Brown 10YR5</i>	Roca compacta de estructura masiva con textura de aspecto escoráceo, brillo mate, formada por minerales de hierro opacos (goethita) y traslucidos (cuarzo, clorita, y limonita). Densidad alta, muy dura no se rompe con facilidad al golpe del martillo, color de la raya marrón oscuro amarillento. Reacción negativa al HCl y no presenta atracción al contacto del imán	Muy bajo
NOMBRE (DUNHAM)	GOETHITA CAVERNOSA	
TIPO DE ROCA	QUIMICO	

Fuente: Autores

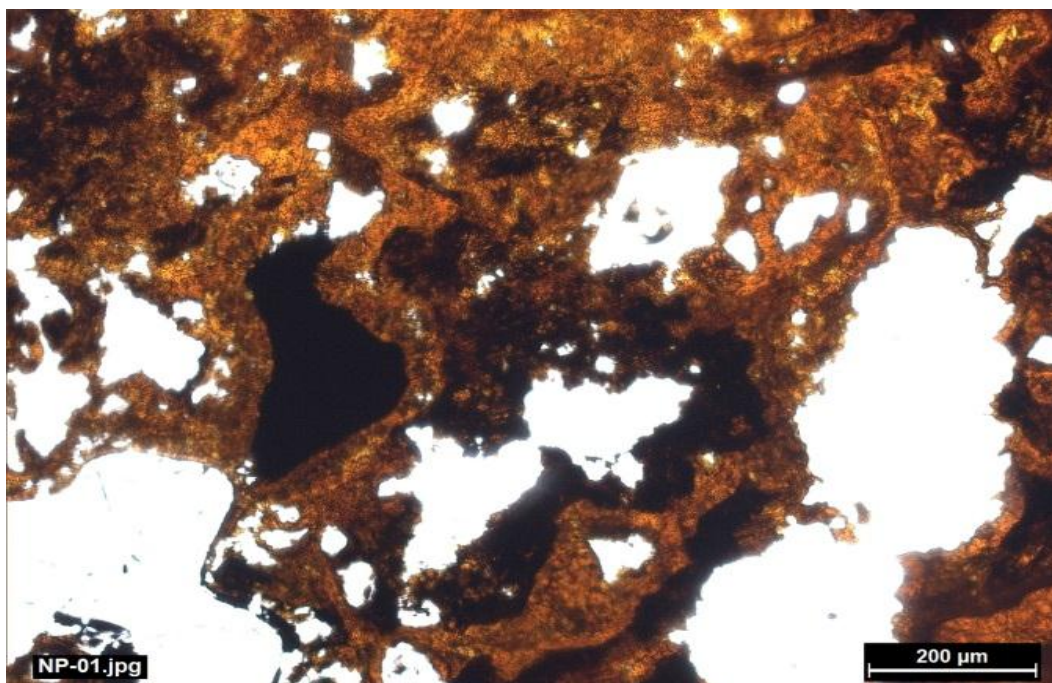
Tabla 1 Descripción macroscópica muestra #1

8.1.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 1



Fuente: Autores

Figura 10 Sección delgada de la muestra #1 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 11 Sección delgada de la muestra #1 en nicols paralelos

Ferruginosa rica en goethita.

Sedimentaria de origen químico y de (pantano) con presencia de minerales opacos (goethita) y traslucidos (limonita); Presenta textura botroidal, rodeando partes vacías con degradación de las partes externas de limonita en forma de cintas.

Channel	Name	Volume [%]
1	GOETHITA	52,40
2	LIMONITA	19,00
3	POROS	28,60

Fuente: Autores

Tabla 2 Composición de la sección delgada muestra #1 por Conteo de Puntos

Goethita habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, (con pérdida de partes internas de algunos cristales) asociada los minerales traslucidos (cuarzo y clorita). Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita. Poros primarios-deposicionales.

8.2 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 2



Fuente: Autores

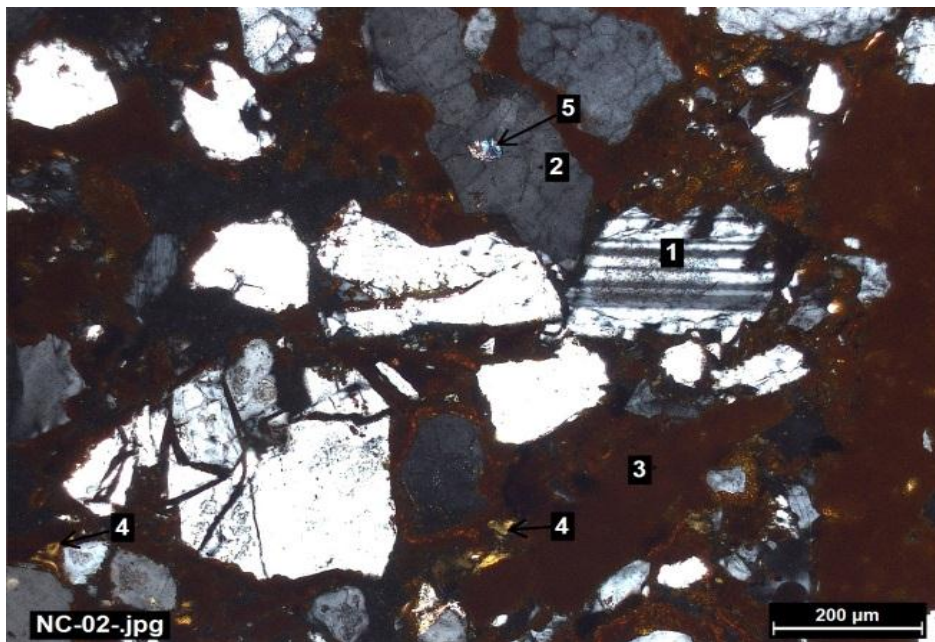
Figura 12 Muestra macro #2

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
Dark yellowish orange 10YR6/6	Roca de grano fino a medio y feldespatos, se caracteriza por tener un 59,01 % en contenido de óxidos de hierro su resistencia es baja (disgregados) de origen detrítico su raya es de color amarillo oscuro densidad media con reacción negativa al contacto del imán. Rompe con dificultad al golpe de martillo. Reacción negativo al contacto con HCl.	Bajo
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

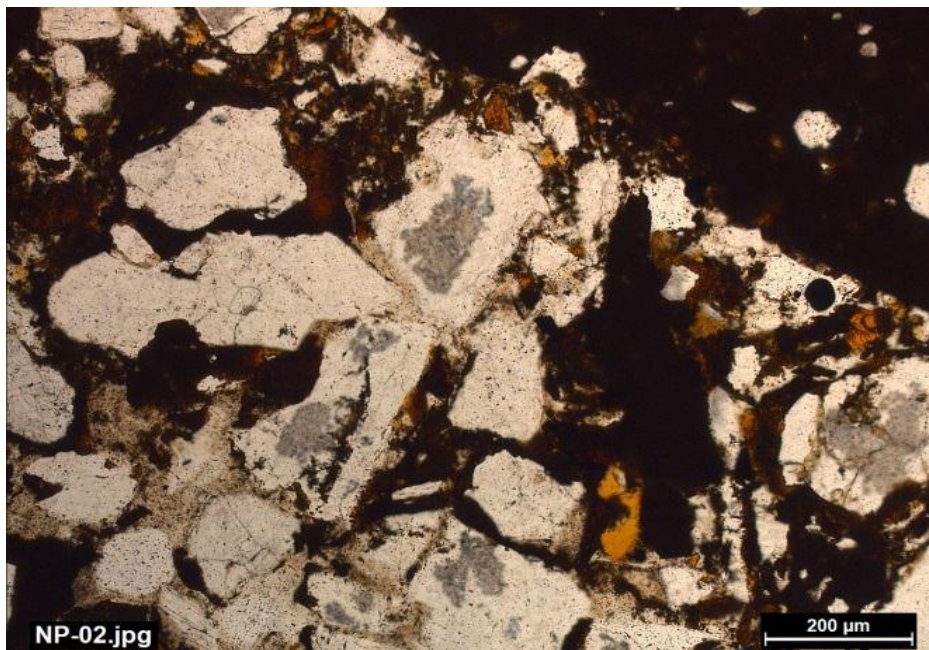
Tabla 3 Descripción macroscópica muestra #2

8.2.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 2



Fuente: Autores

Figura 13 Sección delgada de la muestra #2 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 14 Sección delgada de la muestra #2 en nicoles paralelos

Ferruginosa con alto contenido de feldespatos

Sedimentaria de origen detrítico con presencia de minerales opacos (goethita) y traslucidos (limonita y clorita); Presenta textura botroidal, su contenido de goethita presenta degradación en limonita y clorita el tamaño de sus granos es variado desde 60µm a 250µm.

La muestra de análisis se elaboró mediante una probeta en la cual se consolidaron los componentes y posteriormente se realizó la sección delgada.

Channel	Name	Volume [%]
2	CUARZO	38,59
3	GOETHITA	59,01
4	CLORITA	2,40
TRAZAS	Moscovita, plagioclasa	1.0

Fuente: Autores

Tabla 4 Composición de la sección delgada muestra #2 por Conteo de Puntos

Presenta empaquetamiento puntual esfericidad media subangulosa muy pobremente seleccionada e Inmadura.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (50µm a 200.), angulosos y fracturados con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Goethita habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, (con pérdida de partes internas de algunos cristales) asociando los minerales traslucidos (cuarzo y clorita).

Plagioclasa y trazas de feldespato potásico entramados de color verde con alteración a limonita.

8.3 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 3

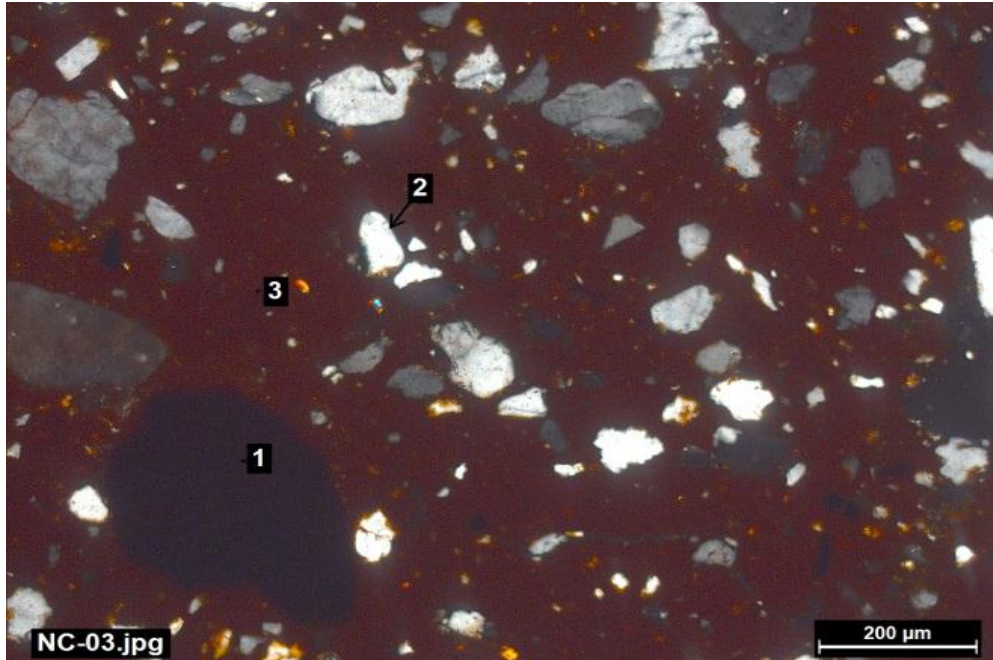


Fuente: Autores
Figura 15 Muestra macro #3

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
Very dark red 5R 2/6	Roca de grano fino a medio y feldespatos, se caracteriza por tener alto contenido de óxidos de hierro (goethita) su resistencia es baja (disgregados) de origen detrítico su raya es de color rojo oscuro densidad baja con reacción negativa al contacto del imán. Reacción negativo al contacto con HCl	Alto
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICO	

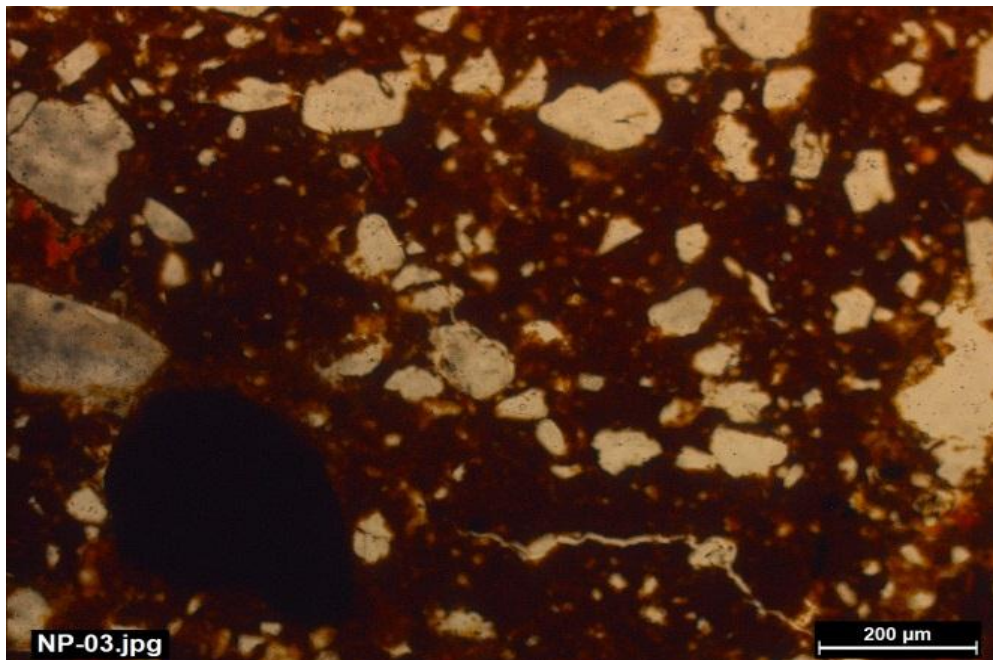
Fuente: Autores
Tabla 5 Descripción macroscópica muestra #3

8.3.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 3



Fuente: Autores

Figura 16 Sección delgada de la muestra #3 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 17 Sección delgada de la muestra #3 en nicoles paralelos

Sedimentaria de origen químico con presencia de minerales opacos (goethita) y traslucidos (limonita); Presenta textura botroidal.

Channel	Name	Volume [%]
1	GOETHITA	62,36
3	LIMONITA	13,89
2	CUARZO	23,75

Fuente: Autores

Tabla 6 Composición de la sección delgada muestra #3 por Conteo de Puntos

Empaquetamiento puntual, esfericidad media subredondeados muy pobremente seleccionada e Inmadura.

Goethita habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, asociada los minerales traslucidos (cuarzo y clorita).

Cuarzo cristales monominerales, anhedrales de tamaño variado desde 40µm a 100µm angulosos y fracturados con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

8.4 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 4



Fuente: Autores

Figura 18 Muestra macro #4

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
Light Brown 5YR 6/4	Roca sedimentaria detrítica, compacta de grano fino compuesta por minerales traslucidos de cuarzo en matriz y cemento arcilloso. Rompe con facilidad al golpe del martillo. Reacción negativo al contacto con HCl. densidad media con reacción negativa al contacto del imán.	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

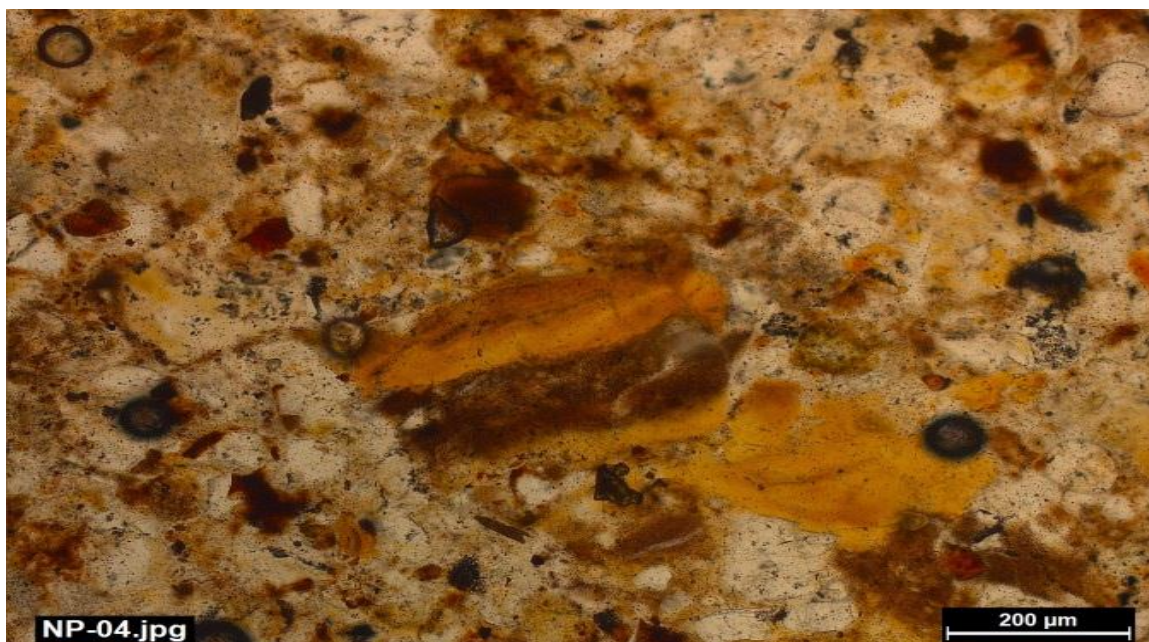
Tabla 7 Descripción macroscópica muestra #4

8.4.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 4



Fuente: Autores

Figura 19 Sección delgada de la muestra #4 en nicols cruzados



Fuente: Autores

Figura 20 Sección delgada de la muestra #4 en nicols paralelos

Limonita ferruginosa presencia de minerales opacos (goethita) y traslucidos (limonita, clorita cuarzo); Presenta textura botroidal además de su alto contenido en arcilla pero no mayor al 30% como para ser nombrada GRAWACA su tamaño de grano es menor a las 62 μm .

Channel	Name	Volume [%]
1	CLORITA	30,33
2	ARCILLA	29,67
3	LIMONITA	15,31
4	GOETHITA	12,73
5	CUARZO	10,33
6	ORTOCLASA	1,29

Fuente: Autores

Tabla 8 Composición de la sección delgada muestra #4 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es flotante, esfericidad baja angulosa moderadamente seleccionado y submadura.

Clorita cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.

Arcilla Arcilla ferruginosa color rojizo marrón se presenta como armazón donde están contenidos clastos y de más.

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

Goethita habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, asociada los minerales traslucidos (cuarzo y clorita).

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 150µm), angulosos y fracturados con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Ortoclase (accesorios) reconocible por su color grisáceo y de forma rectangular con fracturas paralelas en firma de escalones

8.5 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 5



Fuente: Autores

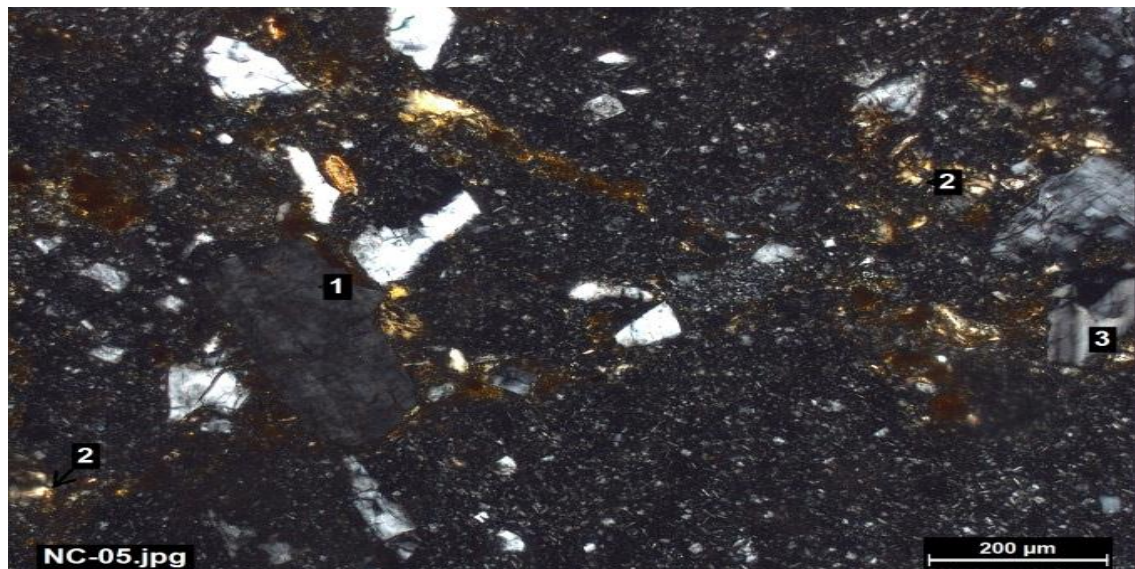
Figura 21 Muestra macro #5

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
10YYR 8/2 Very Pale Orange	Roca ígnea hipocristalina, de grano fino a medio compuesta por minerales traslucidos de cuarzo en matriz, rompe con facilidad al golpe del martillo. Reacción negativo al contacto con HCl. densidad media con reacción negativa al contacto del imán, no tiene raya	Medio
NOMBRE	RIOLITA PORFIRITCA	
TIPO DE ROCA	IGENA EFUSIVA	

Fuente: Autores

Tabla 9 Descripción macroscópica muestra #5

8.5.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 5



Fuente: Autores

Figura 22 Sección delgada de la muestra #5 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 23 Sección delgada de la muestra #5 en nicoles paralelos

R. ígnea efusiva, riolita porfírica con presencia de minerales opacos (vidrio volcánico) y traslucidos (ortoclasa, limonita, clorita y plagioclasa). Baja microporosidad.

Channel	Name	Volume [%]
1	VIDRIO VOLCANICO	65,67
2	LIMOLITA	7,09
3	PLAGIOCLASA	2,80
4	CLORITA	5,04
5	ORTOCLASA	19,22

Fuente: Autores

Tabla 10 Composición de la sección delgada muestra #5 por Conteo de Puntos

Vidrio Volcánico: En donde se encuentran inmersos los minerales esto se debe al origen hidrotermal o volcánico.

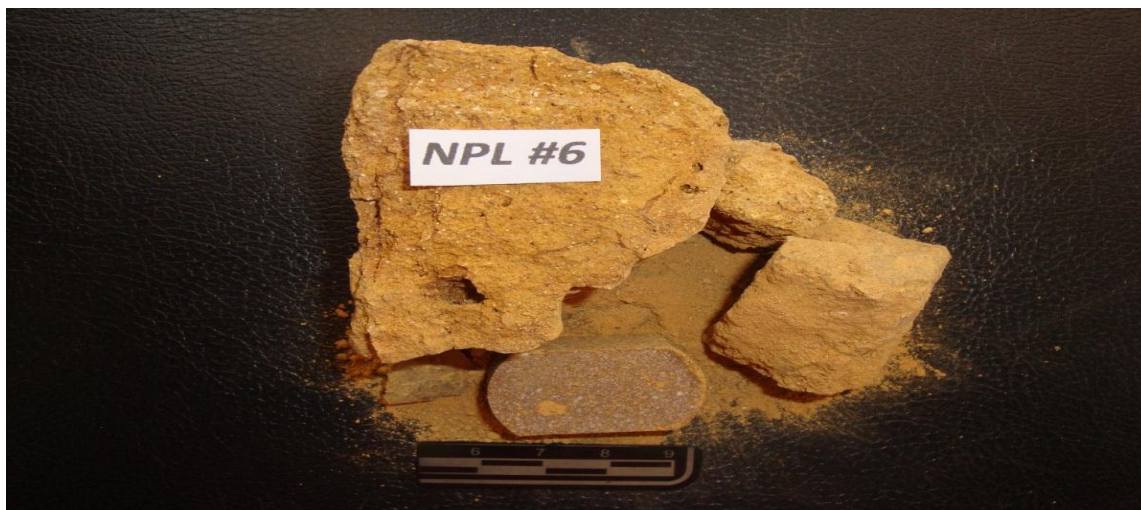
Ortoclasa (accesorios) Reconocible por su color grisáceo y de forma rectangular con fracturas paralelas en firma de escalones.

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

Clorita cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.

Plagioclasa (accesorios) de color grisáceo con maclas o extinción negro a blanco paralelamente.

8.6 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 6



Fuente: Autores

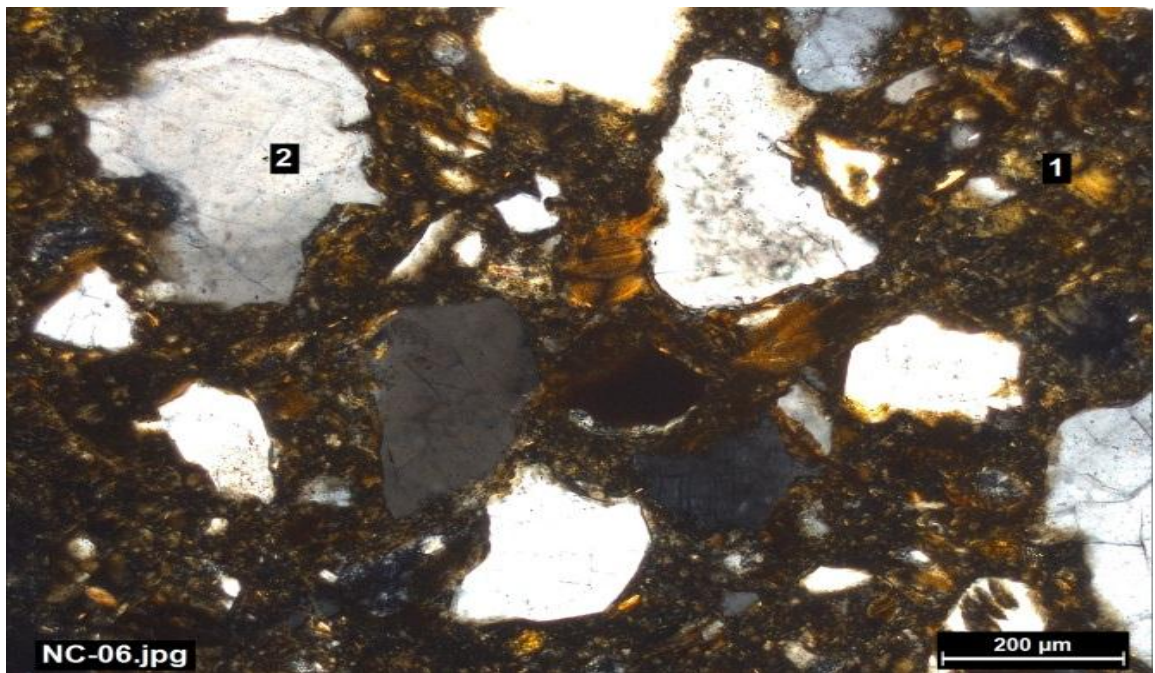
Figura 24 Muestra macro #6

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACIÓN
10YR 6/6 Dark Yellowish Orange	Roca sedimentaria es un mineral ferruginoso un poco friable de grano fino a medio compuesta por minerales translucidos de cuarzo en matriz rompe con facilidad al golpe del martillo. Reacción negativo al contacto con HCl. densidad media con reacción negativa al contacto del imán raya de color amarillo rojizo.	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	GRAWACA FELDESPATICA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

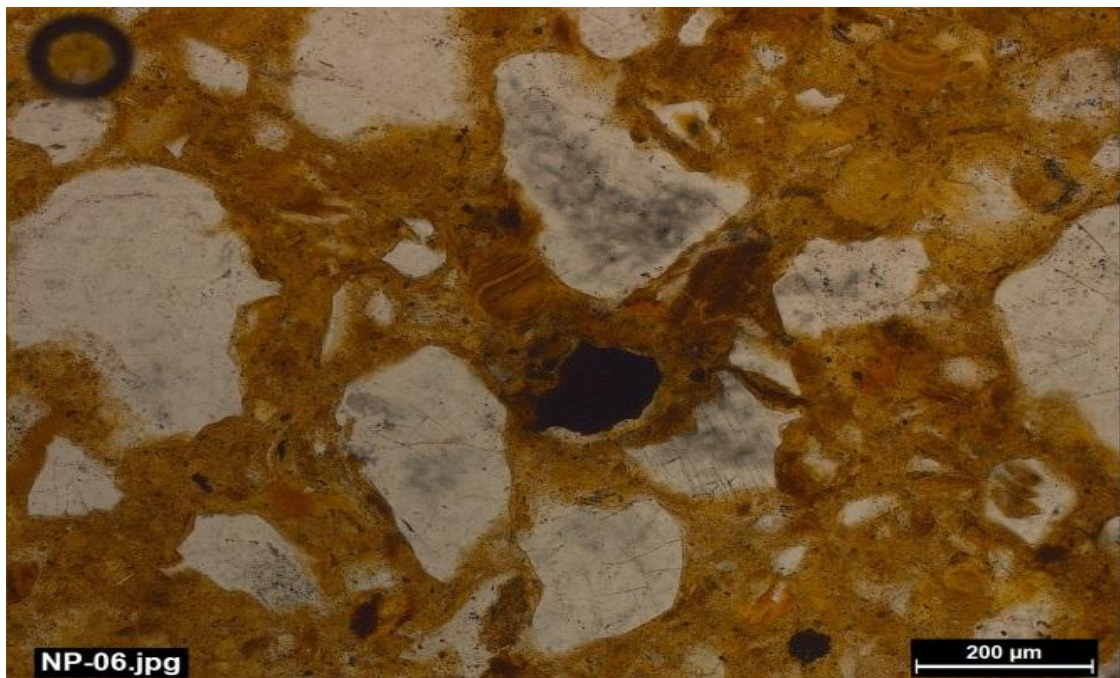
Tabla 11 Descripción macroscópica muestra #6

8.6.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 6



Fuente: Autores

Figura 25 Sección delgada de la muestra #6 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 26 Sección delgada de la muestra #6 en nicoles paralelos

R. Sedimentaria ferruginosa con presencia de minerales traslucidos (clorita, limonita, ortoclasa, líticos de arcilla, cuarzo, y rutilo) y opacos. Baja microporosidad

Channel	Name	Volume [%]
1	CLORITA	49,44
2	LIMONITA	18,96
3	CUARZO	2,42
4	ORTHOCLASAS	14,87
5	LITICOS DE ARCILLA	8,36
6	PLAGIOCLASA	0,19
7	OPACOS	5,58
8	RUTILO	0,19

Fuente: Autores

Tabla 12 Composición de la sección delgada muestra #6 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es flotante subesférico, subredondo, muy pobremente seleccionado y maduro.

Clorita cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

Ortoclasa (accesorios) reconocible por su color grisáceo y de forma rectangular con fracturas paralelas en firma de escalones.

Plagioclasa (accesorios) de color grisáceo con maclas o extinción negro a blanco paralelamente.

Líticos de Arcilla ferruginosa color rojizo marrón se presenta como armazón donde están contenidos clastos y de más.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (200µm a 250µm), angulosos y fracturados con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Rutilo (accesorios) Mineral pesado de relieve alto color amarillo marrón.

Opacos diagenéticos que no transmiten luz, color opaco en nicols paralelos.

8.7 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 7



Fuente: Autores

Figura 27 Muestra macro #7

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>LIGHT GRAY # 7</i>	Roca sedimentaria clástica o volcano sedimentaria con bandas de coloración rojizo roca alterada o meteorizada un poco friable semiconsolidada de grano fino a medio compuesta por minerales translucidos de cuarzo en matriz rompe con facilidad al golpe del martillo. Reacción negativo al contacto con HCl. densidad baja con reacción negativa al contacto del imán raya de color amarillo rojizo.	Bajo
NOMBRE (FOLK 1974)	GRAWACA FELDESPATICA	
TIPO DE ROCA	VOLCANO SEDIMENTARIO	

Fuente: Autores

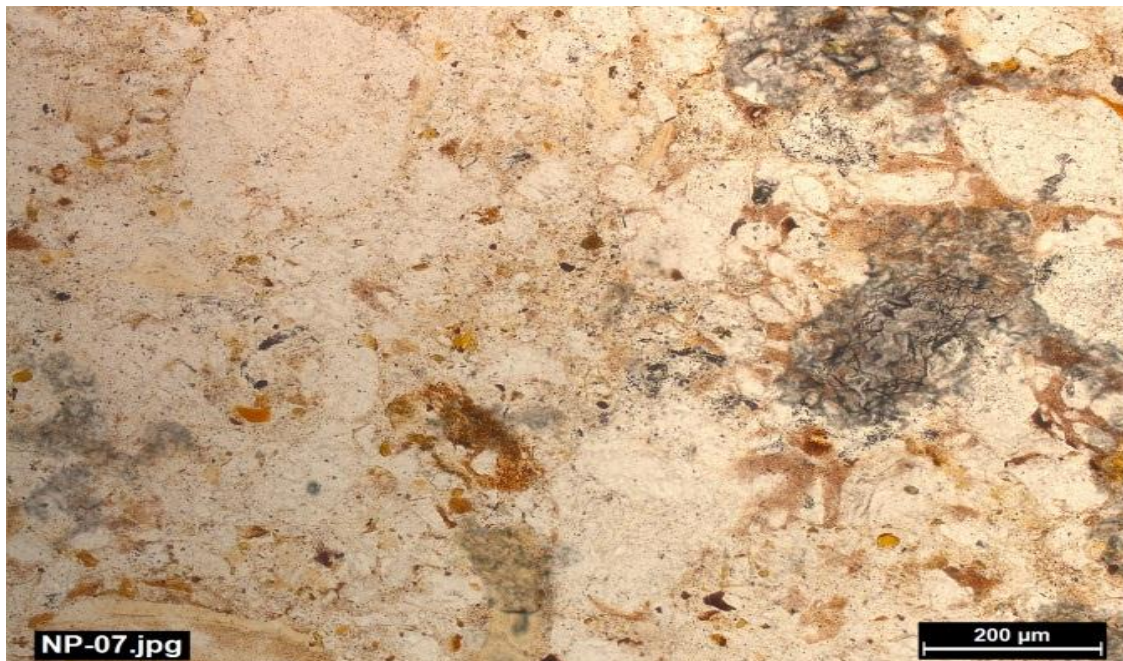
Tabla 13 Descripción macroscópica muestra #7

8.7.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 7



Fuente: Autores

Figura 28 Sección delgada de la muestra #7 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 29 Sección delgada de la muestra #7 en nicoles paralelos

R. Sedimentaria clástica o volcánica sedimentaria, Grawuaca feldespática con presencia de minerales traslucidos (clorita, limonita, ortoclasa, líticos de arcilla, cuarzo, y rutilo) y opacos. Alta microporosidad matriz arcillosa.

Channel	Name	Volume [%]
1	CLORITA	29,06
2	LIMONITA	11,47
3	CUARZO	13,19
4	ORTHOCLASAS	19,12
5	LITICOS DE ARCILLA	20,65
6	PLAGIOCLASA	0,38
7	MOSCOVITA	0,19
8	GOETHITA	5,16
9	RUTILO	0,76

Fuente: Autores

Tabla 14 Composición de la sección delgada muestra #7 por Conteo de Puntos

Presenta empaquetamiento puntual, subesférica, subangular, moderadamente seleccionada y submadura

Clorita cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (50µm a 100µm), angulosos y fracturados con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Ortoclasa (accesorios) reconocible por su color grisáceo y de forma rectangular con fracturas paralelas en firma de escalones.

Líticos de Arcilla ferruginosa color rojizo marrón se presenta como armazón donde están contenidos clastos y de más.

Plagioclasa (accesorios) de color grisáceo con maclas o extinción negro a blanco paralelamente

Moscovita filosilicato/mica, incolora en nicoles paralelos y de variados colores en cruzados.

Goethita habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, asociada los minerales traslucidos (cuarzo y clorita).

Rutilo (accesorios) Mineral pesado de relieve alto y color amarillo marrón.

8.8 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 8



Fuente: Autores

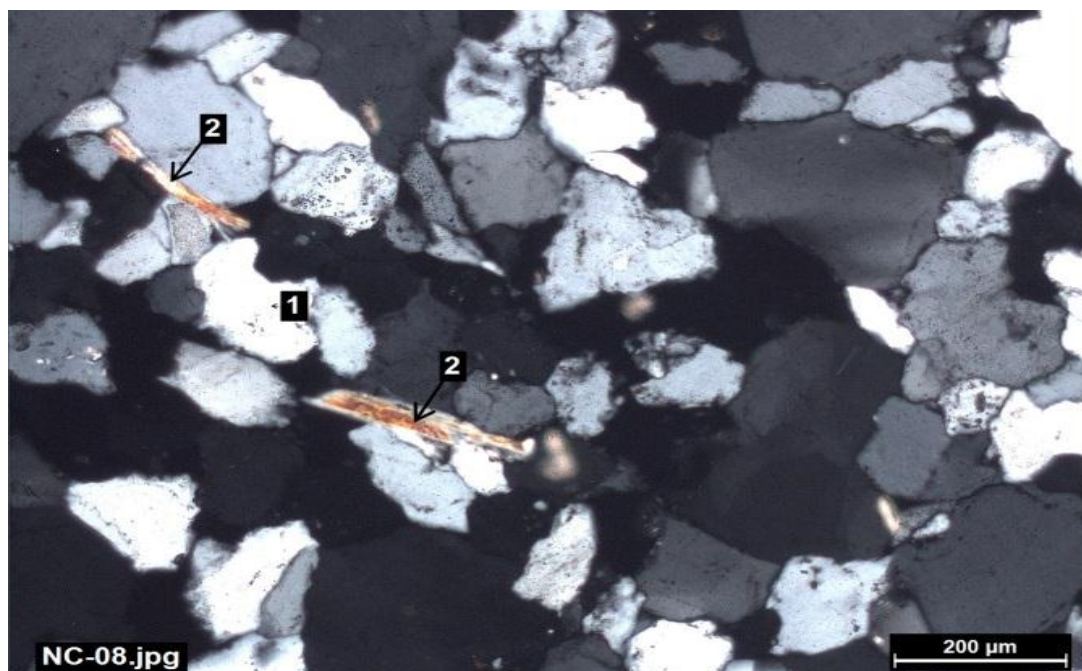
Figura 30 Muestra macro #8

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Med light Gray # 6</i>	Roca sedimentaria clástica madura cuarzoarenita de grano fino a medio compacta roca alterada o meteorizada consolidada de grano fino compuesta por cuarzo, resistente al golpe del martillo requiere más de un golpe reacción negativo al contacto con HCl. densidad alta con reacción negativa al contacto del imán, no tiene raya.	Bajo
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO ARNITA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

Tabla 15 Descripción macroscópica muestra #8

8.8.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 8



Fuente: Autores

Figura 31 Sección delgada de la muestra #8 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 32 Sección delgada de la muestra #8 en nicoles paralelos

Sedimentaria clástica madura cuarzo arenita Roca sedimentaria madura con presencia de minerales traslucidos el cuarzo como mineral predominante y trazas (circón, moscovita y rutilo). Baja microporosidad, matriz ausente.

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	98,34
2	CIRCON	0,74
3	RUTILO	0,37
4	MOSCOVITA	0,55

Fuente: Autores

Tabla 16 Composición de la sección delgada muestra #8 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es de granitos, Saturados, elongado, subredondeados moderadamente seleccionado y madura.

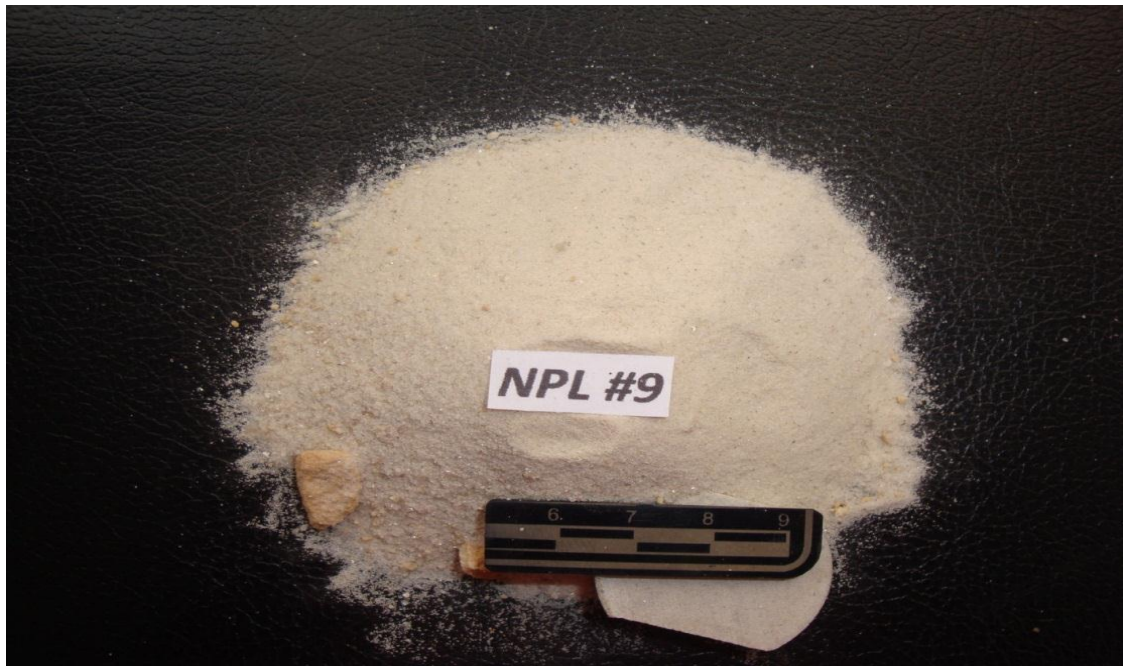
Cuarzo cristales monominerales y poliminerales de tamaño variado (60μm a 250μm), con extinción ondulante poco fracturados y alta birrefringencia.

Zircón (accesorios) nesosilicatos de relieve extremo colores fuertes en nicoles cruzados y café marrón oscuro en paralelos.

Rutilo (accesorios) Mineral pesado de relieve alto y color amarillo marrón

Moscovita (accesorios) filosilicato/mica, incolora en nicoles paralelos y de variados colores en cruzados.

8.9 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 9



Fuente: Autores

Figura 33 Muestra macro #9

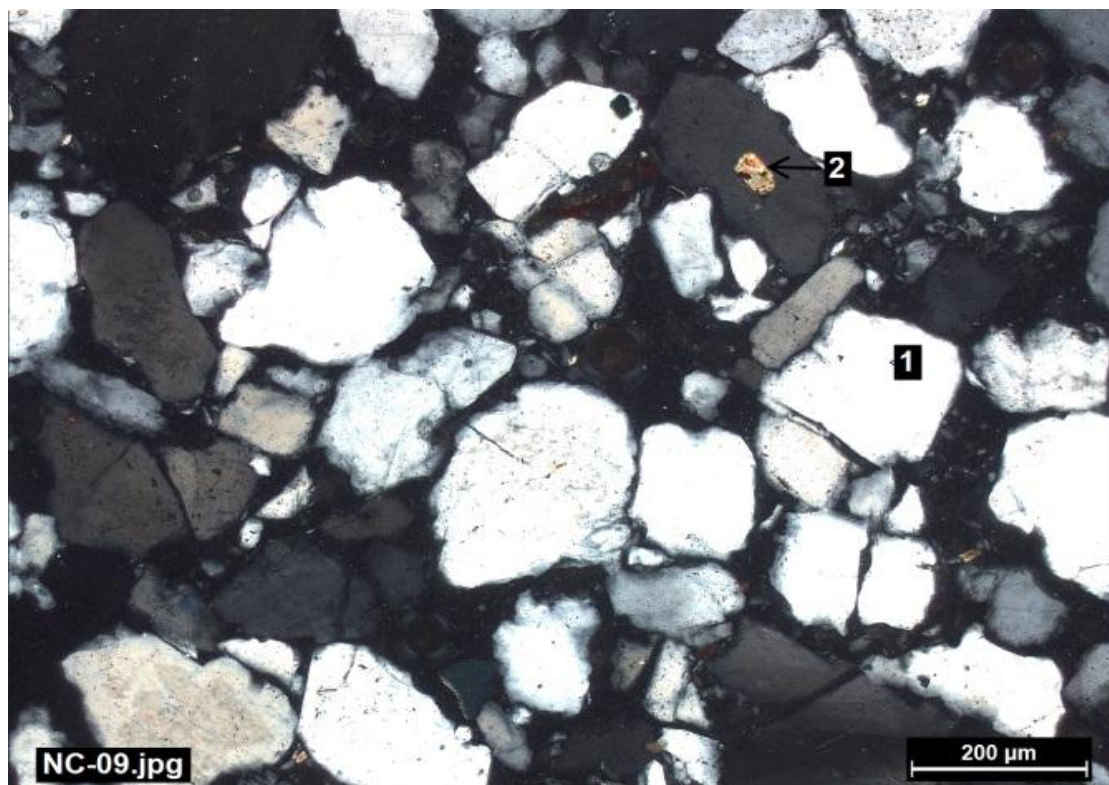
COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Bluish White</i> 5B 9/1	Roca sedimentaria clástica madura cuarzo grawaca de grano fino a medio muy suave de grano fino compuesta por cuarzo, reacción negativa al contacto con HCl. densidad muy alta con reacción negativa al contacto del imán.	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION

Fuente: Autores

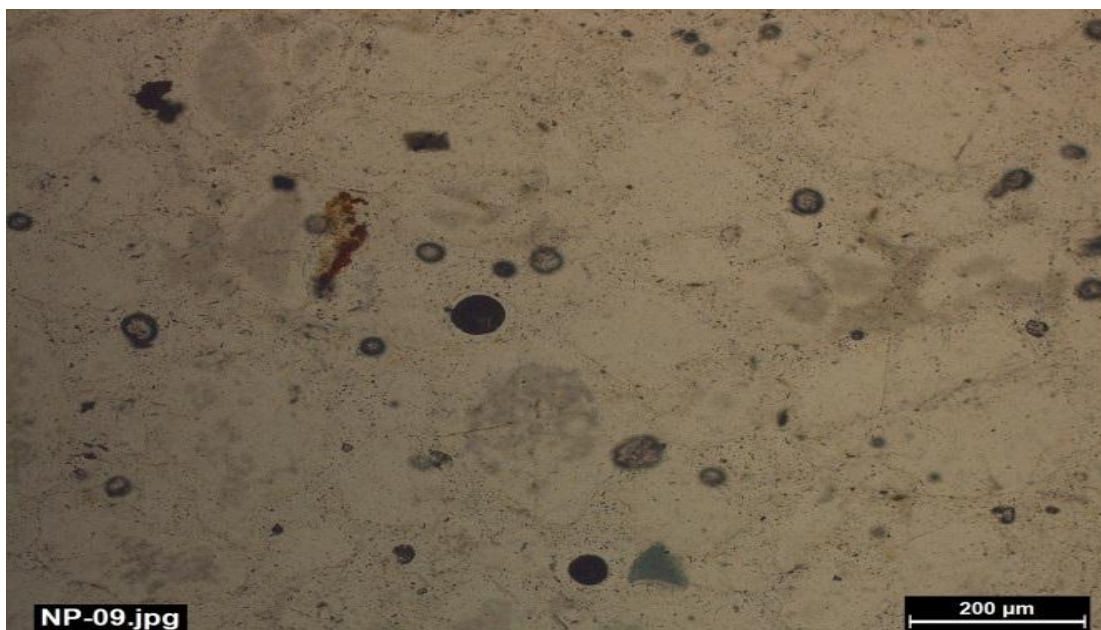
Tabla 17 Descripción macroscópica muestra #9

8.9.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 9



Fuente: Autores

Figura 34 Sección delgada de la muestra #9 en nicols cruzados



Fuente: Autores

Figura 35 Sección delgada de la muestra #9 en nicoles paralelos

R. Sedimentaria clástica súper madura cuarzo arenita sedimentaria madura con presencia de minerales traslucidos el cuarzo como mineral predominante y trazas (cirkón, moscovita, ortoclase y rutilo). Baja microporosidad, matriz ausente.

Chann el	Name	Volume [%]
1	CUARZO	92,0
2	MOSCOVITA	1,13
3	RUTILO	0,62
4	CIRCON	1,04
5	ORTOCLASA	4,79
6	CLORITA	0,42

Fuente: Autores

Tabla 18 Composición de la sección delgada muestra #9 por Conteo de Puntos

Roca sedimentaria con presencia de minerales traslucidos (cuarzo, ortoclase, moscovita, cirkón, clorita). Y rutilo. Baja microporosidad

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 150µm), con extinción ondulante y baja birrefringencia

Clorita cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

Ortoclasa (accesorios) reconocible por su color grisáceo y de forma rectangular con fracturas paralelas en firma de escalones.

Plagioclasa (accesorios) de color grisáceo con maclas o extinción negro a blanco paralelamente.

Moscovita filosilicato/mica, incolora en nicoles paralelos y de variados colores en cruzados

Zircón (accesorios) nesosilicatos de relieve extremo colores fuertes en nicoles cruzados y café marrón oscuro en paralelos.

Rutilo (accesorios) Mineral pesado de relieve alto y color amarillo marrón.

Opacos diagenéticos que no transmiten luz, color opaco en nicoles paralelos.

8.10 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 10



Fuente: Autores

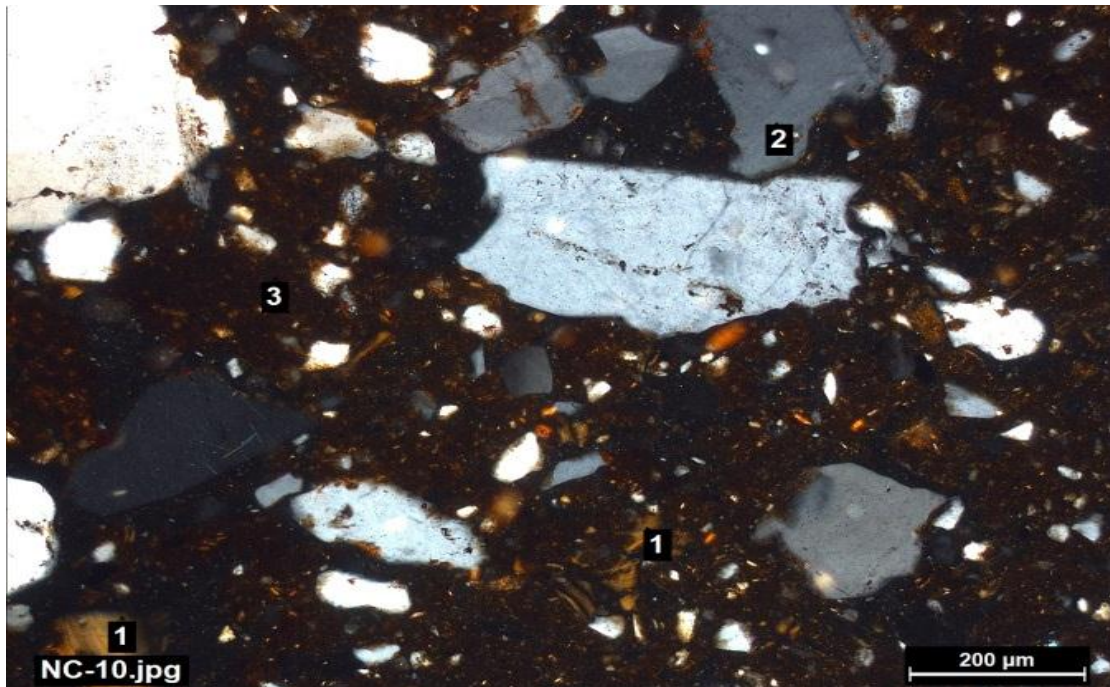
Figura 36 Muestra macro #10

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Grayish brown</i> 5YR 3/2	Roca detrítica compacta de grano fino su color rojizo oscuro lo da su gran contenido de goethita por lo que su cemento es ferruginoso arcilloso. Rompe con facilidad al golpe del martillo. Reacción negativo al contacto con HCl. densidad media con reacción negativa al contacto del imán	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

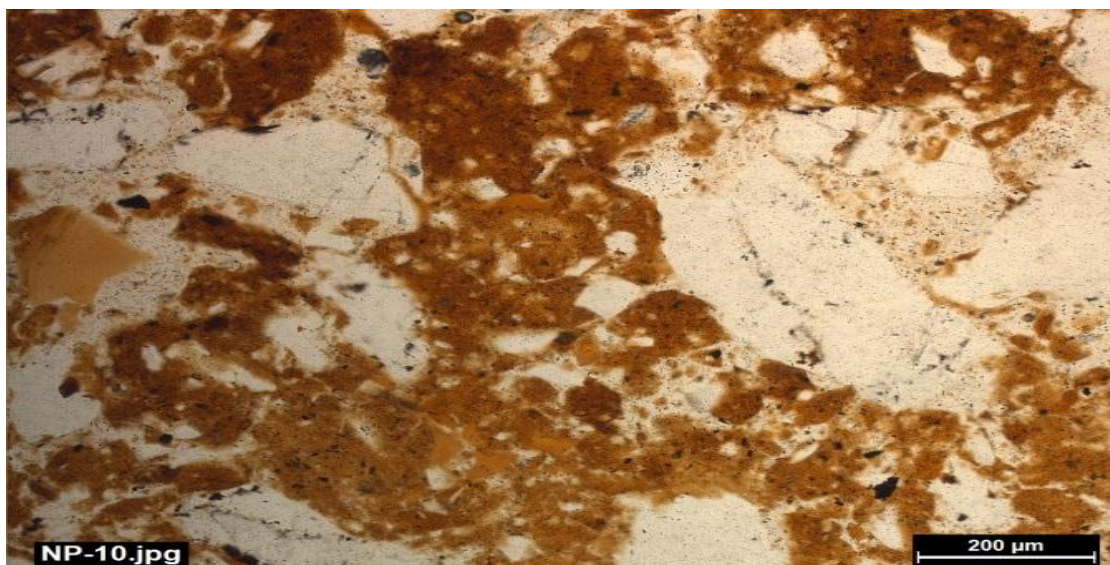
Tabla 19 Descripción macroscópica muestra #10

8.10.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 10



Fuente: Autores

Figura 37 Sección delgada de la muestra #9 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 38 Sección delgada de la muestra #9 en nicols paralelos

Sedimentaria detrítica con presencia de minerales opacos y traslucidos (cuarzo limonita y clorita). Alta microporosidad.

Channe l	Name	Volume [%]
1	GOETHITA	63,55
2	CUARZO	25,61
3	LIMONITA	8,79
4	CLORITA	2,06

Fuente: Autores

Tabla 20 Composición de la sección delgada muestra #10 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es de granitos flotantes elongados a angular pobremente seleccionado e Inmaduro.

Habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, asociada a los minerales traslucidos (cuarzo y clorita).

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40μm a 300μm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

Clorita cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.

8.11 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 11



Fuente: Autores

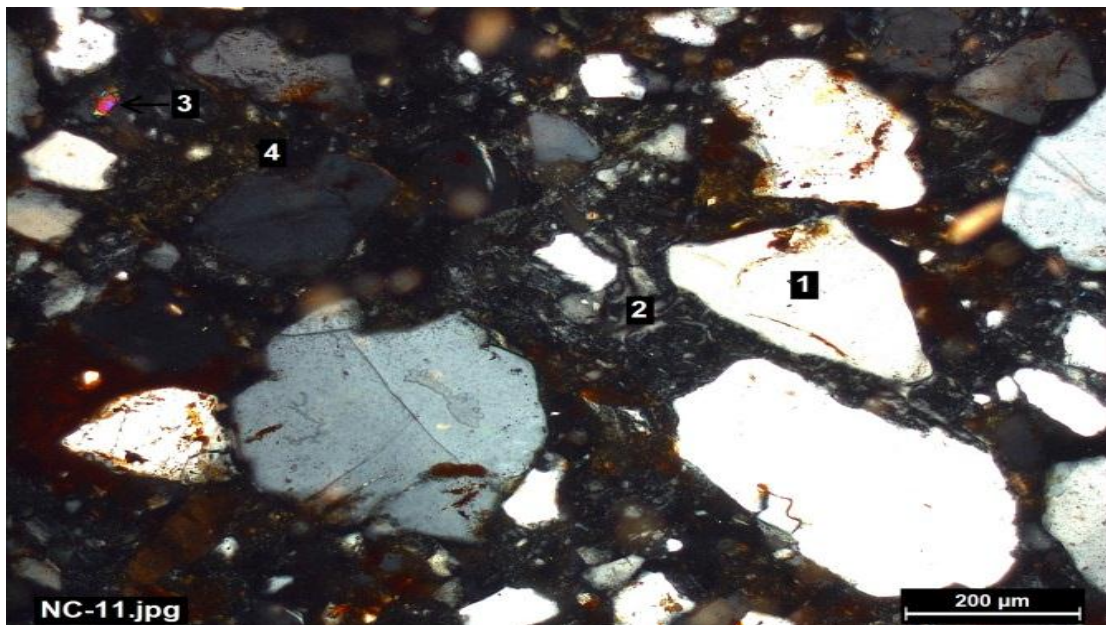
Figura 39 Muestra macro #11

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Ligth gray</i> 7	Cuarzo-grawaca con cuarzo de grano fino su color claro con bandas rojizas demuestran que ha sufrido meteorización por lo que los feldespatos están alterados, contiene caolinita, rompe con facilidad al golpe del martillo. Reacción negativo al contacto con HCl. densidad media con reacción negativa al contacto del imán.	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

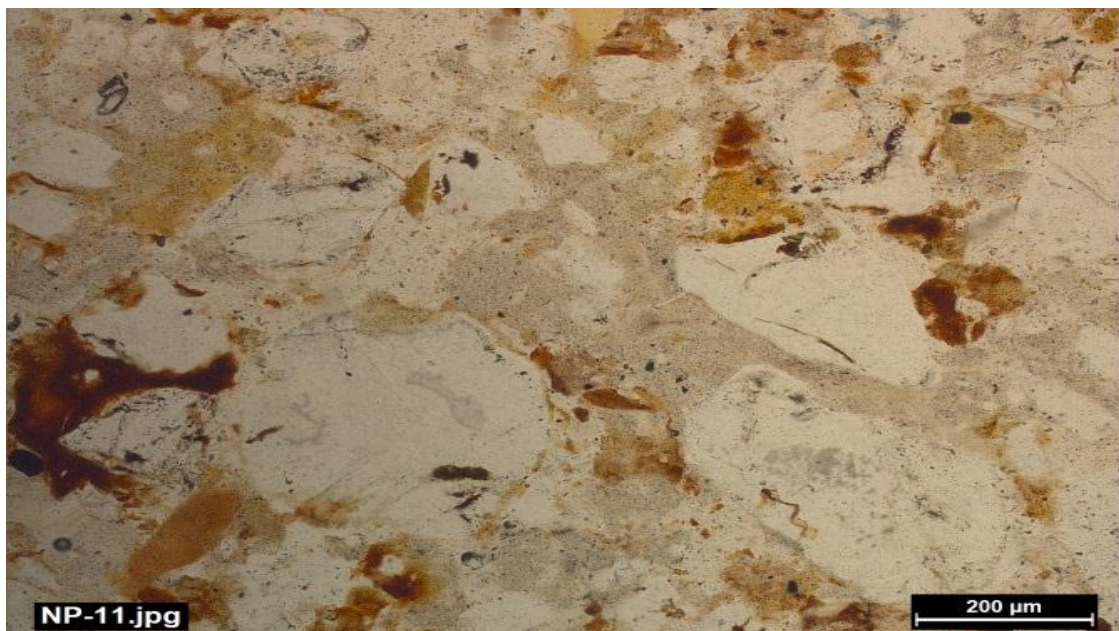
Tabla 21 Descripción macroscópica muestra #11

8.10.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 11



Fuente: Autores

Figura 40 Sección delgada de la muestra #11 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 41 Sección delgada de la muestra #11 en nicoles paralelos

R. Sedimentaria detrítica con presencia de minerales opacos y traslucidos (cuarzo limonita y clorita). Alta microporosidad

Channel	Name	Volume [%]
1	ARCILLA CAOLINITICA	45,57
2	ARCILLA FERRUJINOSA	22,03
3	CUARZO	23,35
4	CLORITA	0,56
5	GOETHITA	7,91

Fuente: Autores

Tabla 22 Composición de la sección delgada muestra #11 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es de granitos flotantes, subelongado, subredondeados moderadamente seleccionado e inmaduro.

Roca sedimentaria con presencia de minerales traslucidos (cuarzo, ortoclasa y plagioclasa) y opacos (goethita). Baja microporosidad

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 300µm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Goethita habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, (con pérdida de partes internas de algunos cristales) asociada los minerales traslucidos (cuarzo y clorita).

Clorita se presenta en cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.

Arcilla ferruginosa hace parte del armazón en donde se encuentran y algunos vestigios de óxidos de hierro.

8.12 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 12



Fuente: Autores

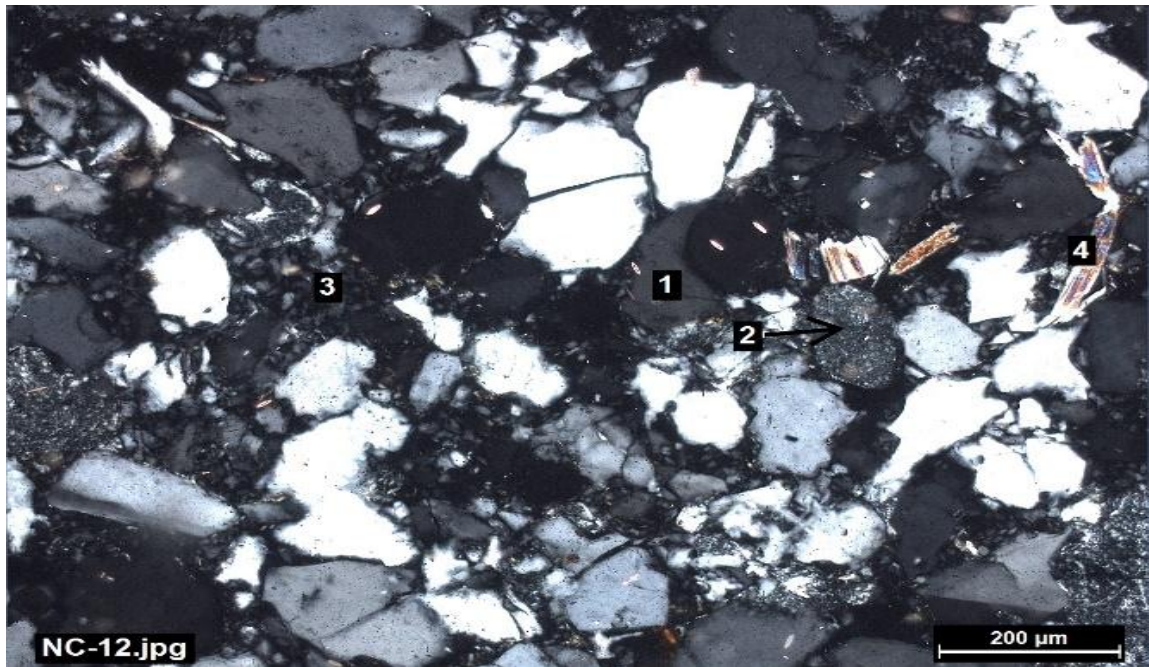
Figura 42 Muestra macro #12

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
Yellowish gray 5Y8/1	Roca sedimentaria detrítica de grano fino a medio, compuesta por cuarzo y matriz arcillosa resistente al golpe del martillo, reacción negativo al contacto con HCl. densidad alta con reacción negativa al contacto del imán, no tiene raya presenta brillo y se observan micas en su color.	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

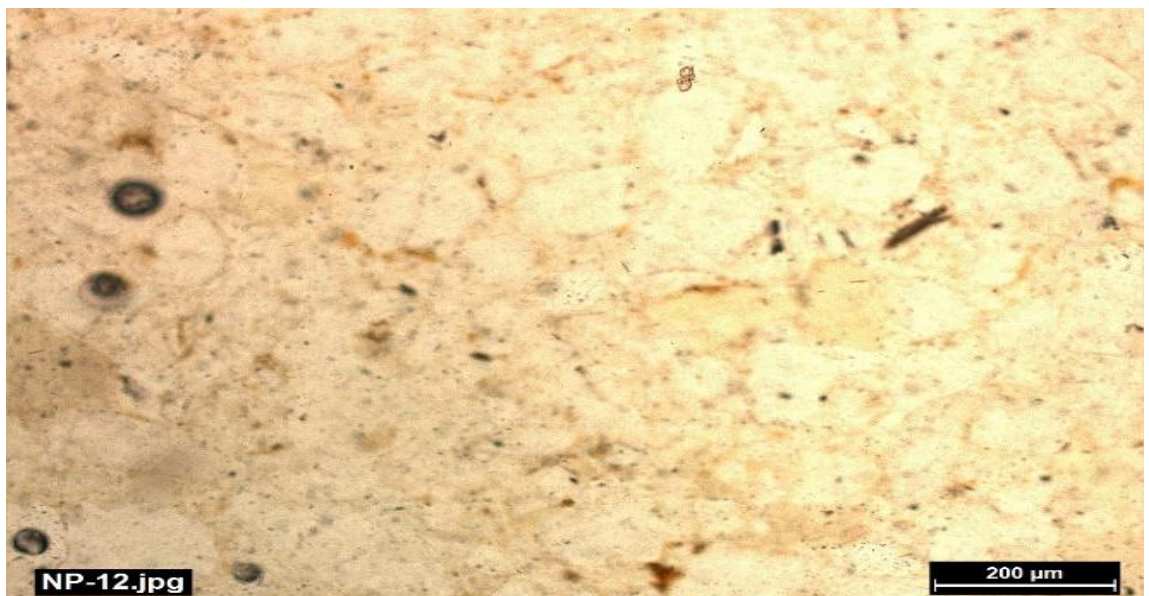
Tabla 23 Descripción macroscópica muestra #12

8.12.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 12



Fuente: Autores

Figura 43 Sección delgada de la muestra #12 en nicols cruzados



Fuente: Autores

Figura 44 Sección delgada de la muestra #12 en nicols paralelos

R Sedimentaria detrítica con presencia de minerales opacos y traslucidos (cuarzo limonita y clorita). Alta microporosidad

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	42,66
2	MOSCOVITA	0,59
3	MATRIZ ARCILLOSA	56,75

Fuente: Autores

Tabla 24 Composición de la sección delgada muestra #12 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es cóncavo convexo, subesférico, subredondeados, bien seleccionado y maduro.

Matriz arcillosa ferruginosa color rojizo marrón se presenta como matriz donde están contenidos clastos y de más minerales encontrados en la sección delgada analizada

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 150µm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Moscovita filosilicato/mica, incolora en nicoles paralelos y de variados colores en cruzados.

Opacos diagenéticos que no transmiten luz, color opaco en nicoles paralelos.

8.13 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 13



Fuente: Autores

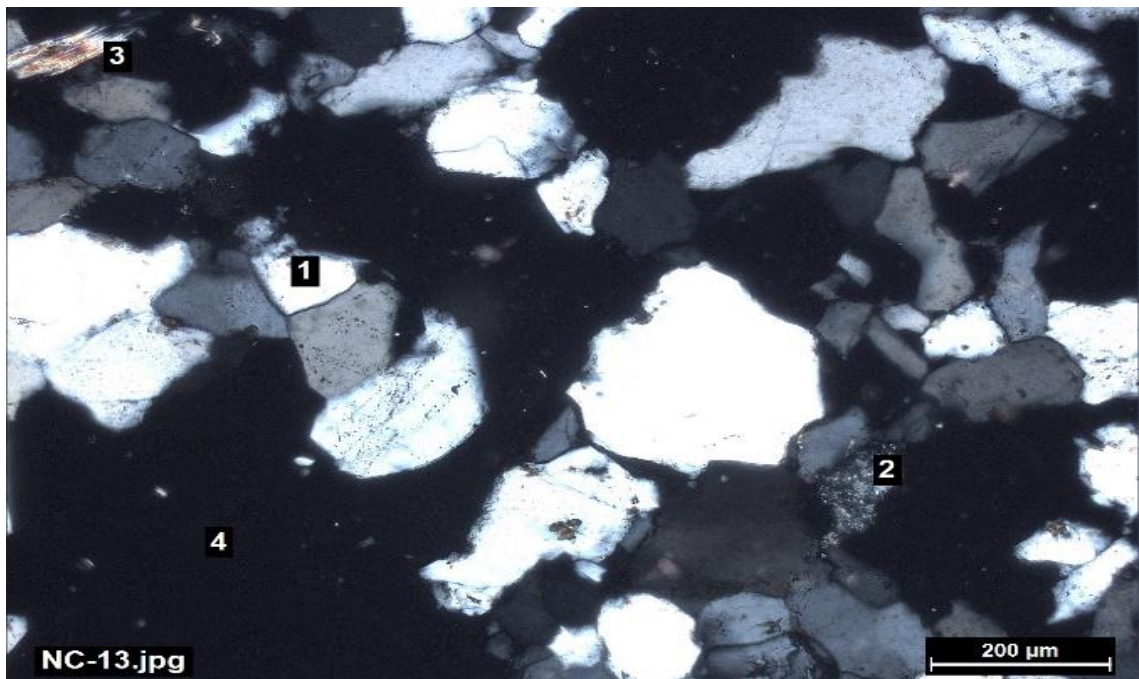
Figura 45 Muestra macro #13

COLOR		CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
10YYR 8/2 <i>Very pale Orange</i>		Roca sedimentaria, bien consolidada, el tamaño de los granos arena fina a muy fina siendo el valor predominante de arena fina. Se observa oxidación en la superficie. Los granos están constituidos por cuarzo (95%), el cemento es silicio. La estructura es masiva a levemente estratificada. Muy resistente al golpe del martillo, reacción negativo al contacto con HCl. densidad alta con reacción negativa al contacto del imán, no tiene raya.	Bajo
NOMBRE	(FOLK 1974)	CUARZO ARENITA	
TIPO DE ROCA		DETRITICA	

Fuente: Autores

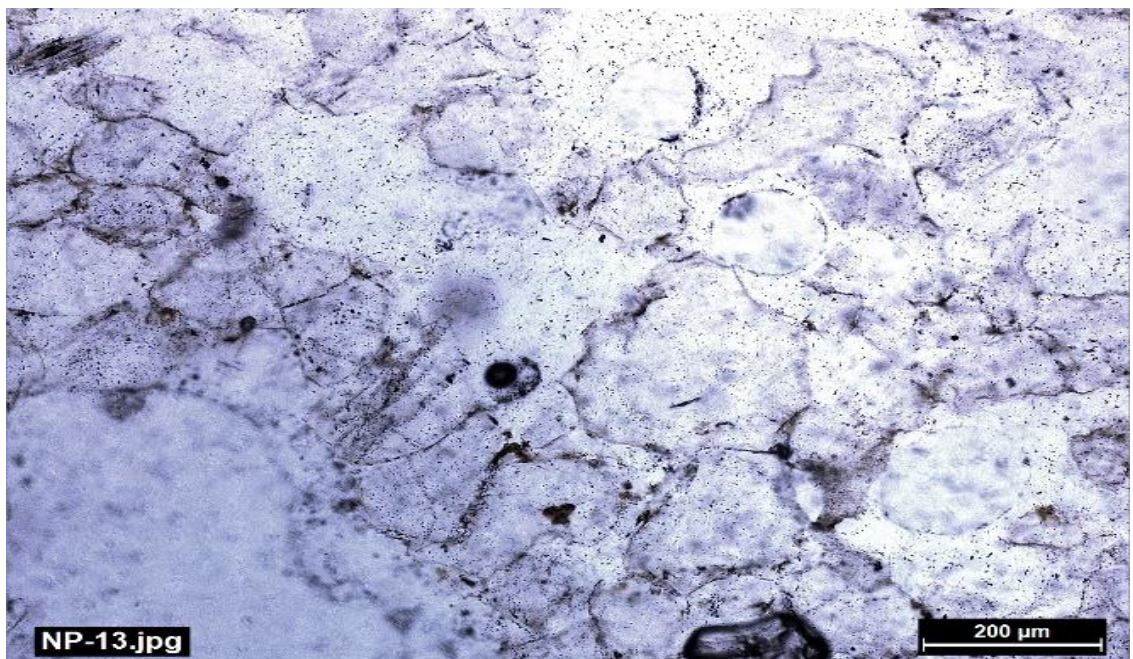
Tabla 25 Descripción macroscópica muestra #13

8.13.1 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 13



Fuente: Autores

Figura 46 Sección delgada de la muestra #13 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 47 Sección delgada de la muestra #13 en nicoles paralelos

R. Sedimentaria detrítica con presencia de óxidos de hierro y traslucidos (cuarzo) cemento ferruginoso cuarzoarenita.

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	42,66
2	MOSCOVITA	0,54
3	CEMENTO FERRUGINOSO	56,60
4	CIRCON	0,1
5	MOZCOVITA	0,1

Fuente: Autores

Tabla 26 Composición de la sección delgada muestra #13 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es flotante, subelongados, subangulares, moderadamente seleccionado y submaduro.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 300µm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

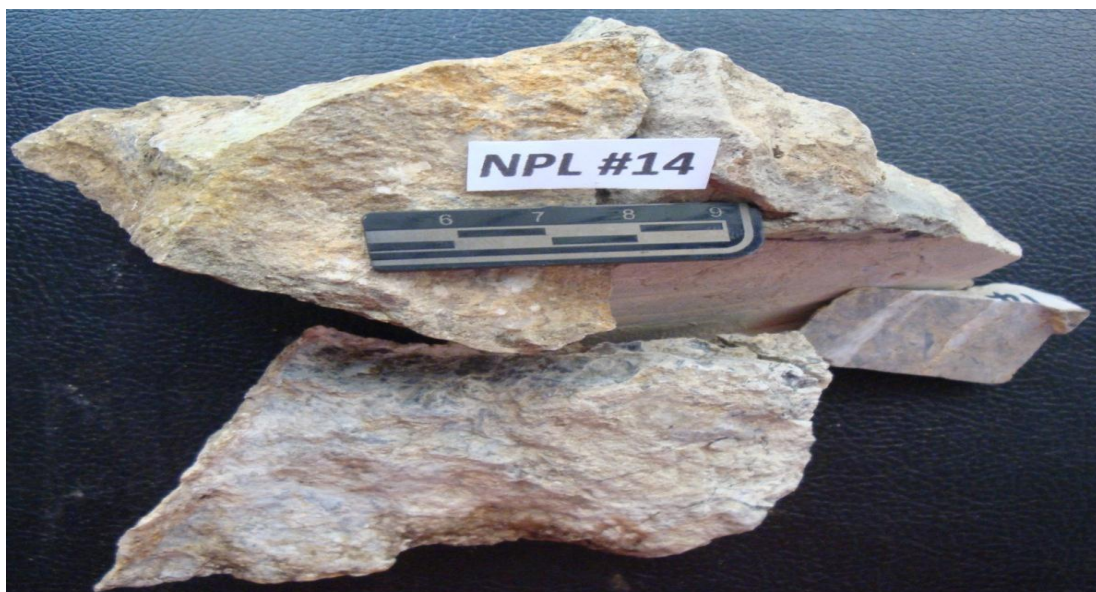
Ortoclasa (accesorios) reconocible por su color grisáceo y de forma rectangular con fracturas paralelas en firma de escalones.

Plagioclasa (accesorios) de color grisáceo con maclas o extinción negro a blanco paralelamente

Zircón (accesorios) neo silicatos de relieve extremo colores fuertes en nicoles cruzados y café marrón oscuro en paralelos.

.

8.14 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 14



Fuente: Autores

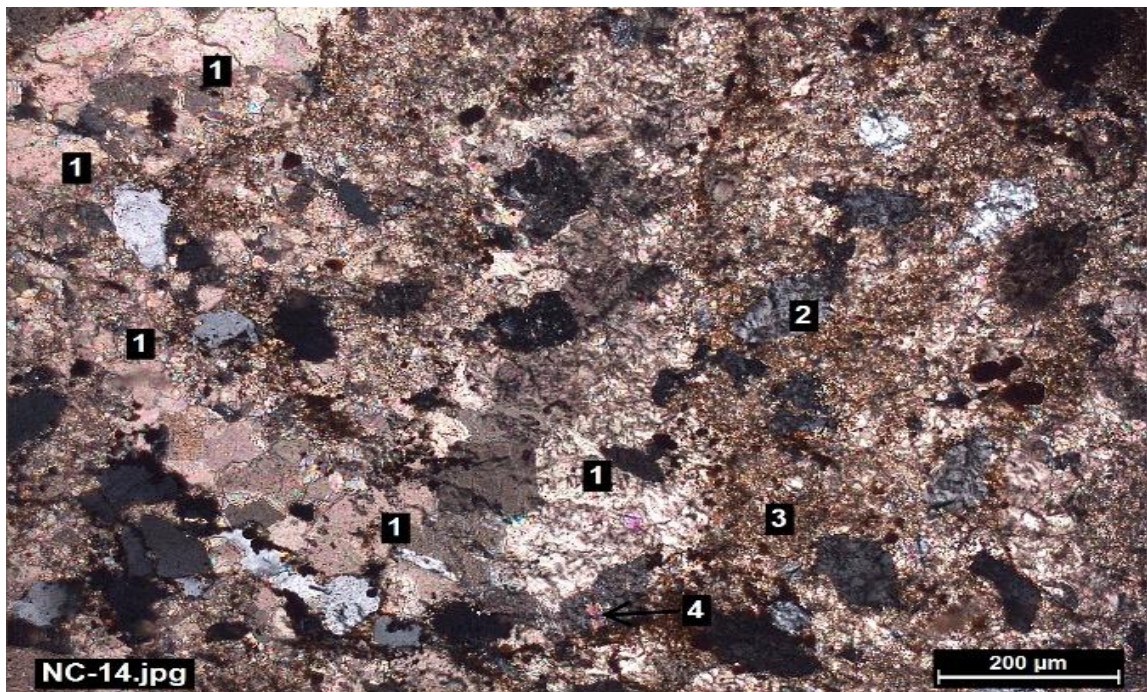
Figura 48 Muestra macro #14

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Pele yellowish Brown</i> 10YR 6/2	Roca calcárea compacta, fosilífera con textura organogena fina con presencia de braquiópodos en la parte superficial con tamaños variados. Fractura irregular y angulosa muy resistente requiere más de un golpe de martillo. La parte externa de algunos fragmentos presenta impregnaciones de hidróxidos de hierro. Fuerte reacción de los aloquímicos y ortoquímicos al HCl, evidenciando composición calcárea.	Bajo
NOMBRE (DUNHAM)	CALIZA BIOMICRITICA	
TIPO DE ROCA	ALOQUIMICA IMPURA	

Fuente: Autores

Tabla 27 Descripción macroscópica muestra #14

8.14.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 14



Fuente: Autores

Figura 49 Sección delgada de la muestra #14 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 50 Sección delgada de la muestra #14 en nicoles paralelos

R. Aloquímica impura caliza, la matriz está representada por micrita (fango calcáreo < a 5.0µm), alojando fragmentos de aloquimicos (fósiles) y terrígenos (cuarzos). La Microesparita (5-60µm) reemplaza en parte algunos fósiles

Los fósiles se presentan como (fragmentos), en tamaños variados reemplazados por calcita fibrosa (espática) y granular. Calcita espática (>20µm) se presenta alrededor de un tamaño que alcanza (20µm)

El cuarzo se presenta subanguloso con tamaños variados alrededor de (60µm a 100µm). Hidróxidos de hierro diseminado impregnando calcita y asociado a terrígenos (cuarzo) también en microdiacclasas

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	14,10
2	MATRIZ MICRITA	47,49
3	FOSILES	1,13
4	FOSIL CALCITA ESPATICA	37,12
5	<Chan 05>	0,16

Fuente: Autores

Tabla 28 Composición de la sección delgada muestra #14 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es flotante, subelongada, subangular, pobremente seleccionada e Inmadura.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 300µm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Matriz micrita textura cripto- cristalina. Fósiles fragmentos de aloquimicos (bivalvos). Fósil calcita espática fragmentos de aloquimicos

8.15 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 15



Fuente: Autores

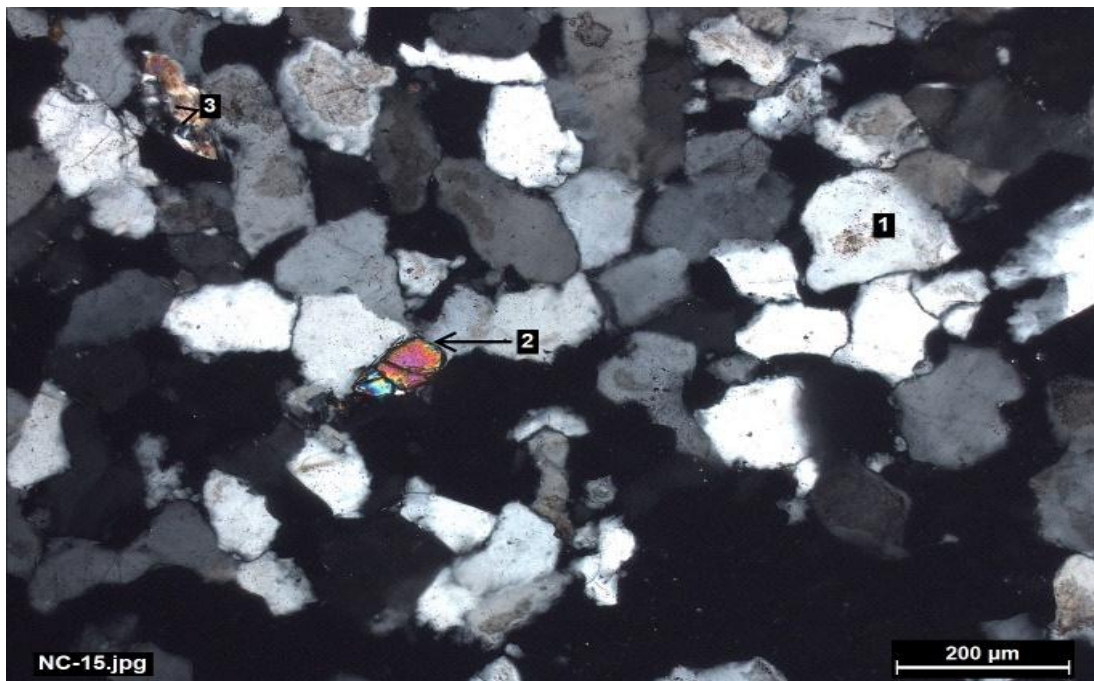
Figura 51 Muestra macro #15

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Dark yellowishorange</i> 10YR 6/6	<p>Cuarzoarenita bien consolidada, el tamaño de los granos arena fina a medio, madura, siendo el valor predominante de arena fina. Los granos están constituidos por cuarzo (99%), el cemento es silicio. La estructura es masiva a levemente estratificada.</p> <p>Muy resistente al golpe del martillo, reacción negativo al contacto con HCl. densidad alta con reacción negativa al contacto del imán, no tiene raya.</p>	Bajo
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO ARENITA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

Tabla 29 Descripción macroscópica muestra #15

8.15.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 15



Fuente: Autores

Figura 52 Sección delgada de la muestra #15 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 53 Sección delgada de la muestra #15 en nicoles paralelos

Sedimentaria detrítica

Cuarzoarenita presenta trazas de moscovita y zircón

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	99.0
2	MOSCOVITA y ZIRCON	1.0

Fuente: Autores

Tabla 30 Composición de la sección delgada muestra #15 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es flotante subesférico, subredondeado, muy seleccionada y súper madura.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales de tamaño variado (40µm a 300µm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Moscovita filosilicato/mica, incolora en nicoles paralelos y de variados colores en cruzados.

Zircón (accesorios) neso silicatos de relieve extremo colores fuertes en nicoles cruzados y café marrón oscuro en paralelos.

8.16 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 16



Fuente: Autores

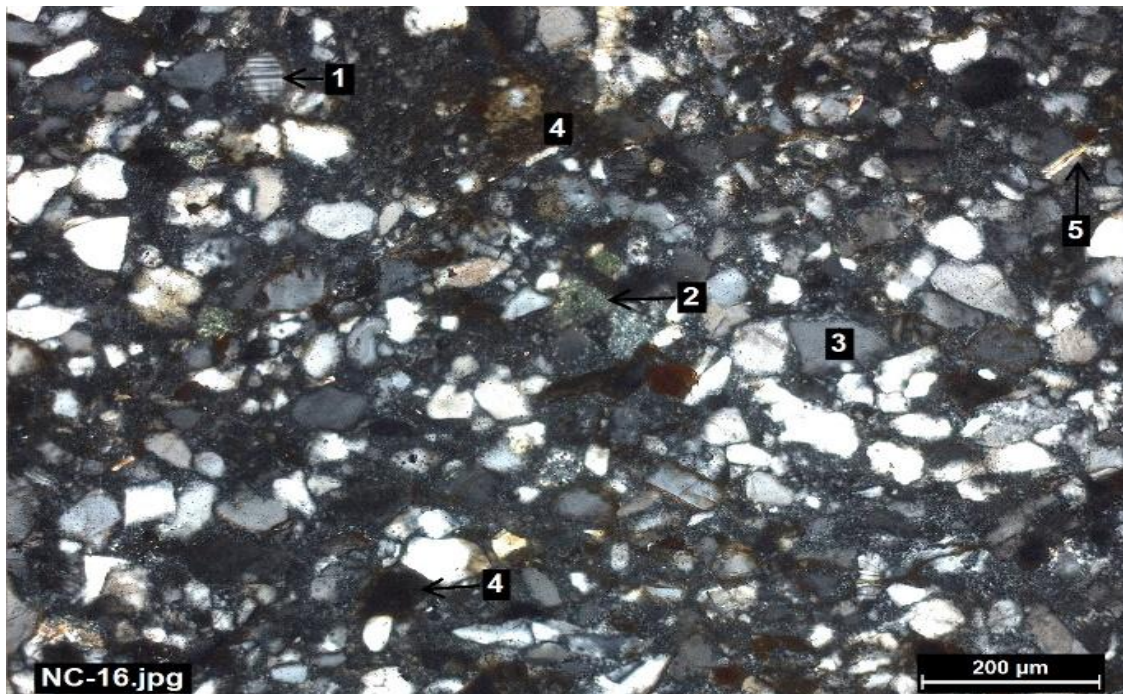
Figura 54 Muestra macro #16

COLOR	CARACTERÍSTICAS	GRADO DE METEORIZACION
10YR 7/4 Graysh Orange	Roca sedimentaria de origen detrítico consistencia blanda rompe con facilidad al golpe del martillo y a compresión manual. Levemente untuosa al tacto. Grano fino. No presenta reacción al HCl, ausencia de propiedades magnéticas moderado grado de alteración.	Bajo
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

Tabla 31 Descripción macroscópica muestra #16

8.16.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 16



Fuente: Autores

Figura 55 Sección delgada de la muestra #16 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 56 Sección delgada de la muestra #16 en nicoles paralelos

Roca sedimentaria detrítica Cuarzo Grawuaca con presencia de minerales traslucidos moscovita limonita, ortoclasa, arcilla, cuarzo, colofana, y glauconita hay presencia de plagioclasa y rutilo como minerales accesorios óxidos de hierro contenidos en matriz arcillosa.

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	34,95
2	MATRIZ ARCILLA	51,07
3	MOSCOVITA	0,19
4	GLAUCONITA	5,05
5	OXIDOS DE HIERRO	4,47
6	COLOFANA	3,69
7	ORTOCLASA	0,58

Fuente: Autores

Tabla 32 Composición de la sección delgada muestra #16 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es puntual, subelongado bien seleccionada y súper madura.

Arcilla ferruginosa color rojizo marrón se presenta como armazón donde están contenidos clastos y de más.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 300µm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Ortoclasa (accesorios) reconocible por su color grisáceo y de forma rectangular con fracturas paralelas en firma de escalones.

Moscovita filosilicato/mica, incolora en nicoles paralelos y de variados colores en cruzados.

Glauconita (accesorios) mineral mica de color verde claro en paralelos.

Colofana (accesorios) constituyente menores en las rocas carbonatadas

8.17 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 17



Fuente: Autores

Figura 57 Muestra macro #17

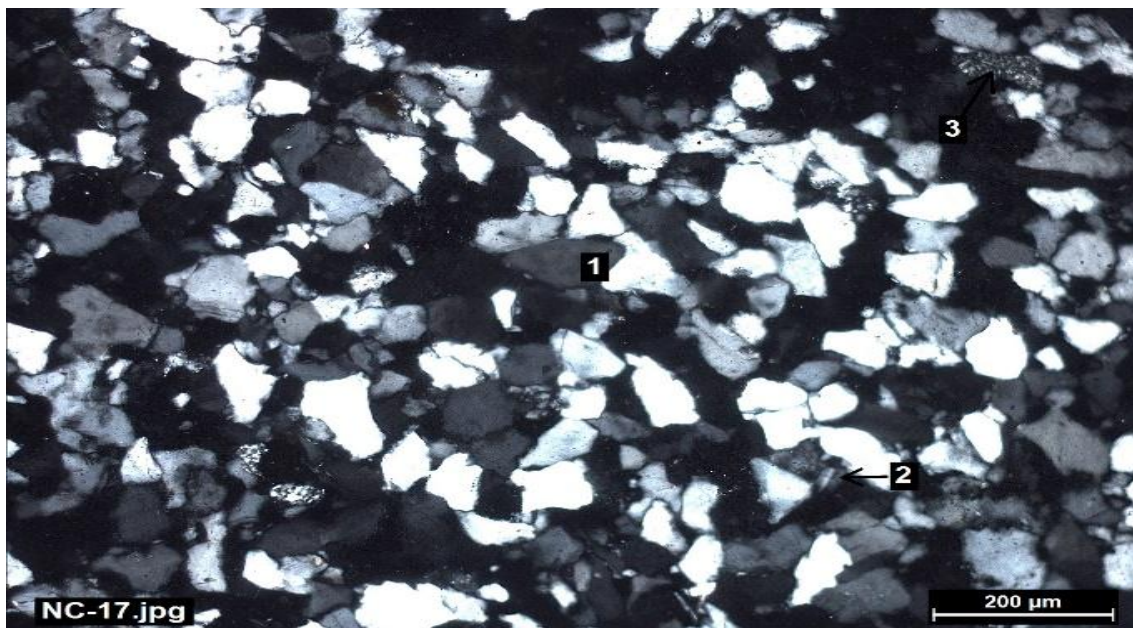
COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
-------	-----------------------------	------------------------

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
10YR 7/4 <i>Grayish Orange</i>	Cuarzoarenita sedimentaria cemento silíceo ferroso muy resistente al golpe del martillo, reacción negativo al contacto con HCl. Densidad alta con reacción negativa al contacto del imán, no tiene raya, untuosa al tacto. Constituida por cuarzo (97%), la estructura es masiva a levemente estratificada.	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO ARENITA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

Tabla 33 Descripción macroscópica muestra #17

8.17.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 17



Fuente: Autores

Figura 58 Sección delgada de la muestra #17 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 59 Sección delgada de la muestra #17 en nicoles paralelos

Cuarzoarenita detrítica su armazón lo constituyen trazas de zircón y minerales accesorios (cuarzo, clorita, goethita, limonita)

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	97.0
2	ZIRCON	1.0
3	RUTILO	0.6
4	MOSCOVITA	0.7
5	LIMONITA	0.4

Fuente: Autores

Tabla 34 Composición de la sección delgada muestra #17 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es cóncavo-convexo, subelongado, subredondeado, muy bien seleccionada y madura.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40μm a 150μm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Moscovita (Trazas) filosilicato/mica, incolora en nicoles paralelos y de variados colores en cruzados.

Zircón (Trazas) nesosilicatos de relieve extremo colores fuertes en nicoles cruzados y café marrón oscuro en paralelos.

Limonita (Trazas) Se presenta con habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

Rutilo (Trazas) Mineral pesado de relieve alto y color amarillo marrón.

8.18 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 18



Fuente: Autores

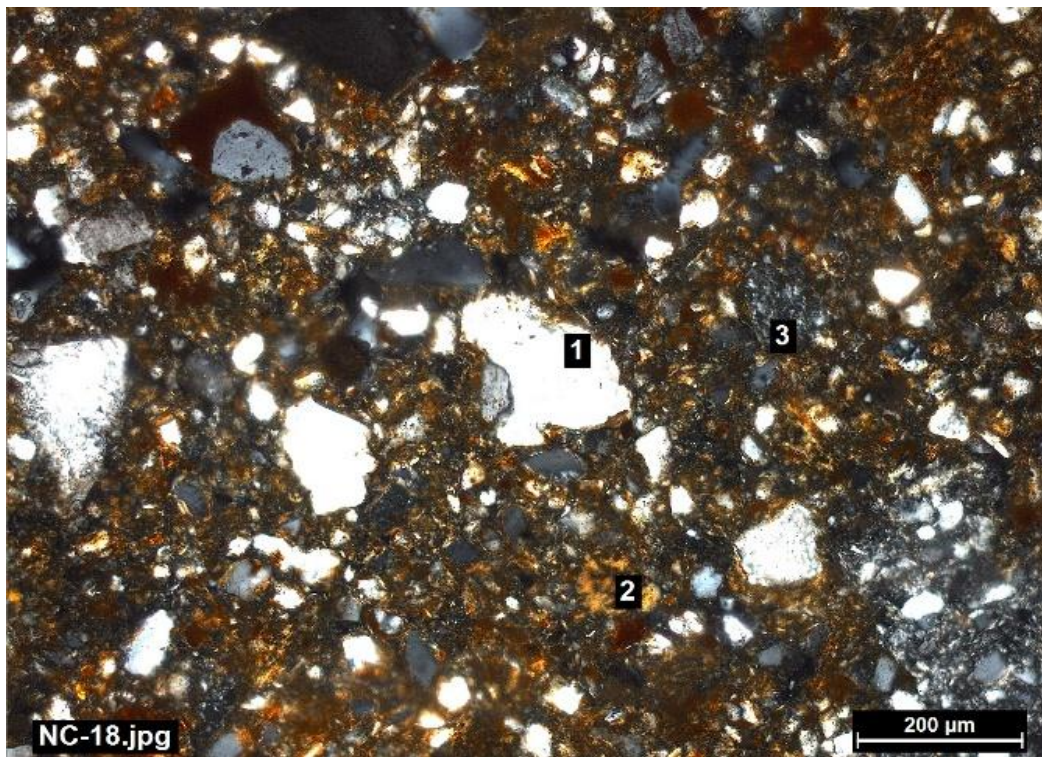
Figura 60 Muestra macro #18

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
5YR 5/6 <i>Light brown</i>	Sedimentaria ferruginosa impura compacta de grano fino, contiene goethita cemento ferruginoso arcilloso. Muy débil reacción negativo al contacto con HCl. densidad media con reacción negativa al contacto del imán, untuosa al tacto	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

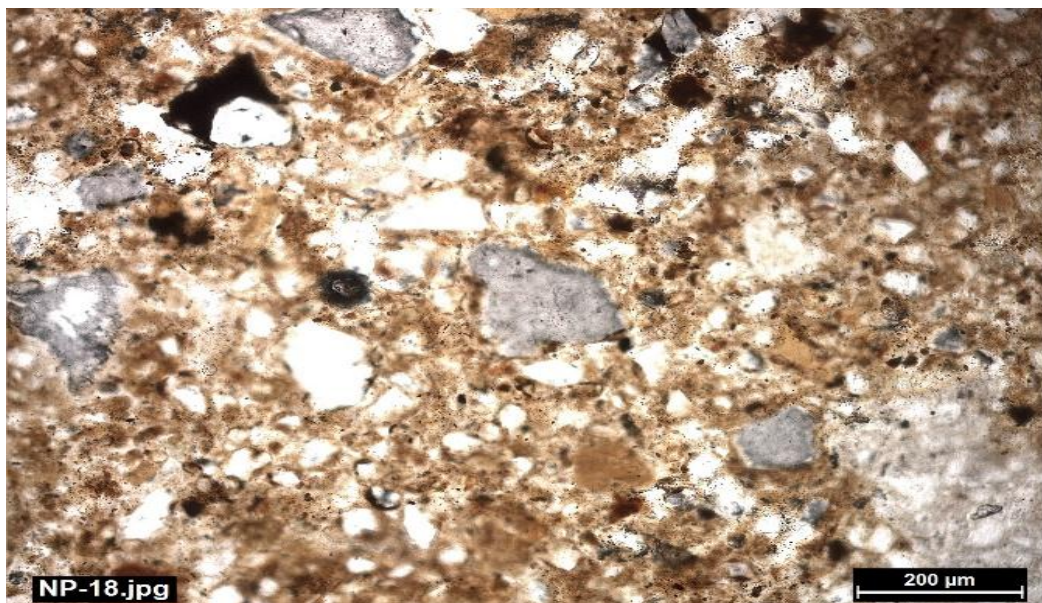
Tabla 35 Descripción macroscópica muestra #18

8.18.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 18



Fuente: Autores

Figura 61 Sección delgada de la muestra #18 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 62 Sección delgada de la muestra #18 en nicoles paralelos

R. Sedimentaria detrítica Cuarzo Grawuaca, sedimentaria con presencia de minerales traslucidos (cuarzo, ortoclasa y plagioclasa) y opacos (goethita). Baja microporosidad

Channel	Name	Volume [%]
1	Cuarzo	42.16
2	clorita	25.95
3	goethita	10.45
4	limonita	21.44

Fuente: Autores

Tabla 36 Composición de la sección delgada muestra #18 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es flotante, subelongado, subredondeado pobremente seleccionada e inmadura

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 200µm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Clorita se presenta en cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.

Habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, (con pérdida de partes internas de algunos cristales) asociada los minerales traslucidos (cuarzo y clorita).

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

8.19 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 19

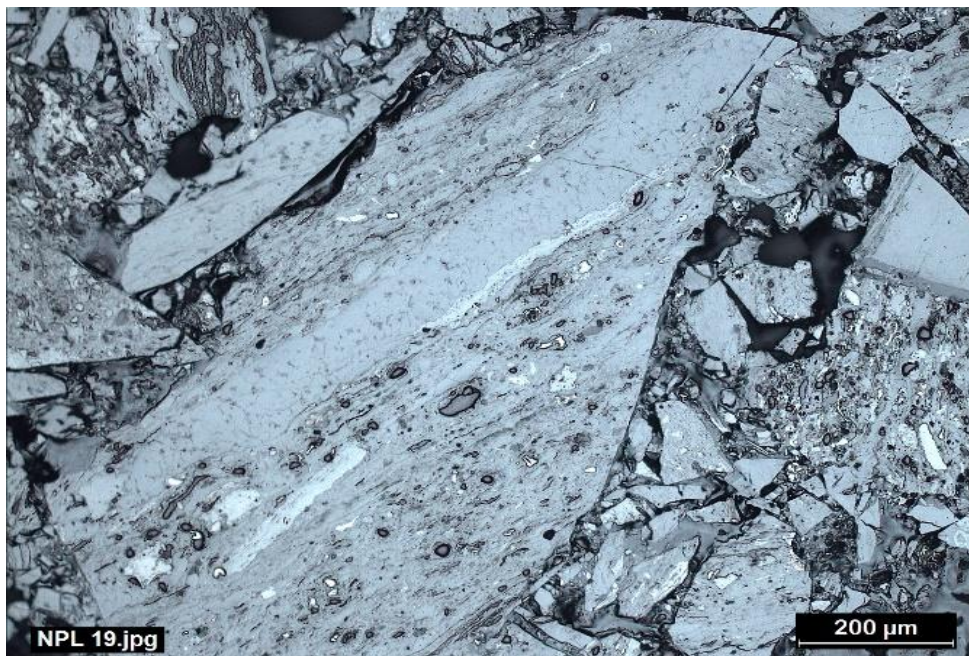


Fuente: Autores
Figura 63 Muestra macro #19

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Matt black</i>	Muestra compacta de fractura irregular bandeado rico en clareno con lentes o bandas finas de 1cm de vitreno y lentes intercalados entre el clareno, el fuseno se presenta esporádicamente. Resistente al golpe del martillo	Bajo
NOMBRE	CARBON BITUMINOSO TIPO D	
TIPO DE ROCA	ORGANICA	

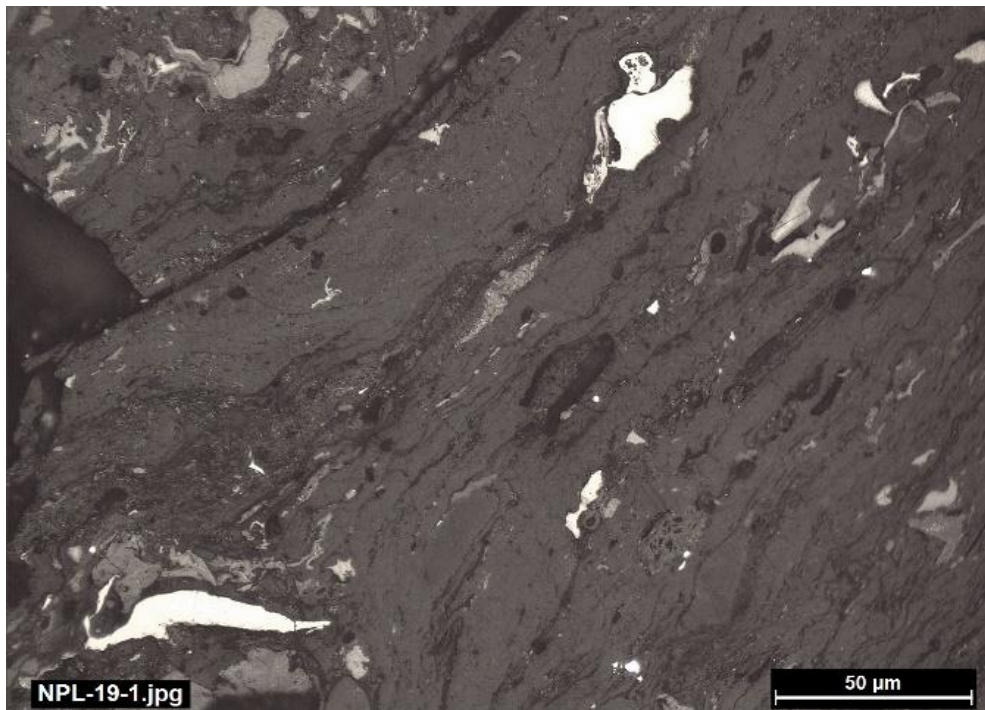
Fuente: Autores
Tabla 37 Descripción macroscópica muestra #19

8.19.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 19



Fuente: Autores

Figura 64 Maceral de la muestra #19 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 65 Maceral de la muestra #19 en nicoles paralelos

Sedimentaria Orgánica Carbón térmico
 DESCRIPCION: Vitrinita
 METODO Point Scan
 Standard ESPINEL [0.426] saphir [0.595] YAG [0.902]
 Mean value: 0.5127
 Std.-Dev.: 0.0324
 Variance: 0.0011
 Maximum: 0.6072
 Total N: 105

V-Step	Mid-Point	Reflectivity [%]	Number	Volume [%]
0.0	0.050	0.00 to < 0.10	0	0.00
0.1	0.150	0.10 to < 0.20	0	0.00
0.2	0.250	0.20 to < 0.30	0	0.00
0.3	0.350	0.30 to < 0.40	0	0.00
0.4	0.450	0.40 to < 0.50	37	35.24
0.5	0.550	0.50 to < 0.60	66	62.86
0.6	0.650	0.60 to < 0.70	2	1.90
0.7	0.750	0.70 to < 0.80	0	0.00
0.8	0.850	0.80 to < 0.90	0	0.00
0.9	0.950	0.90 to < 1.00	0	0.00

Fuente: Autores

Tabla 38 Datos de la Reflectancia de la Vitrinita, maceral muestra #19

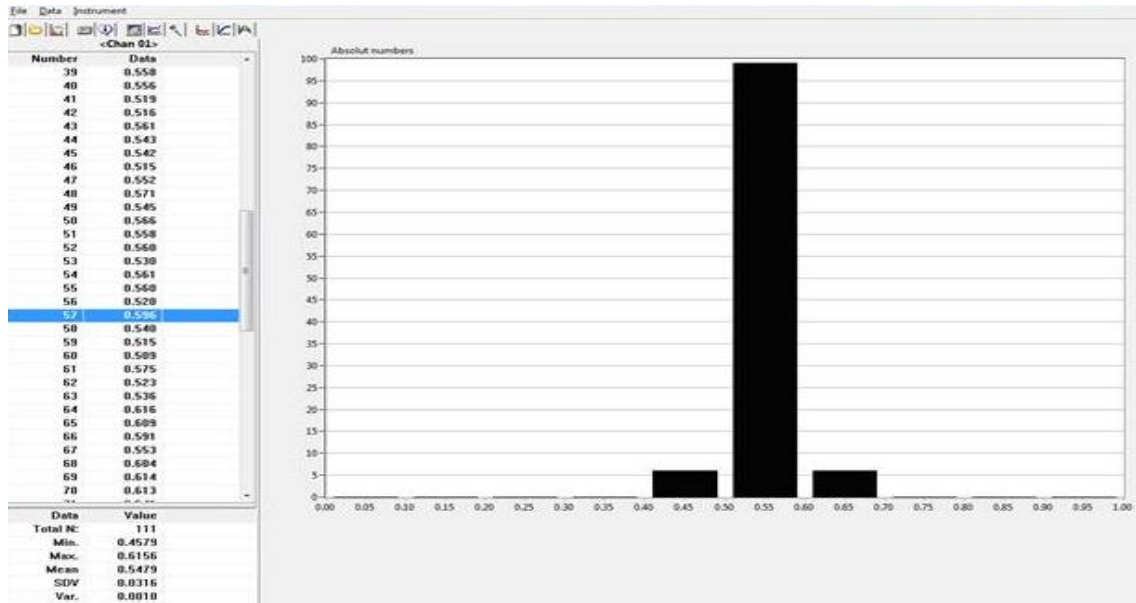
Channel	Name	Volume [%]	Channel
1	vitritina	38.60	6
2	inertinita>	28.85	7
3	<liptinita>	20.86	8
4	M. mineral>	11.70	9

Fuente: Autores

Tabla 39 Composición del maceral muestra #19 por Conteo de Puntos

Solo microscópicamente se puede ver los diferentes grupos G. Vitrinita, G. Inertinita, G Liptinita como técnica para el estudio de los macerales bajo la (norma ISO, 1994).

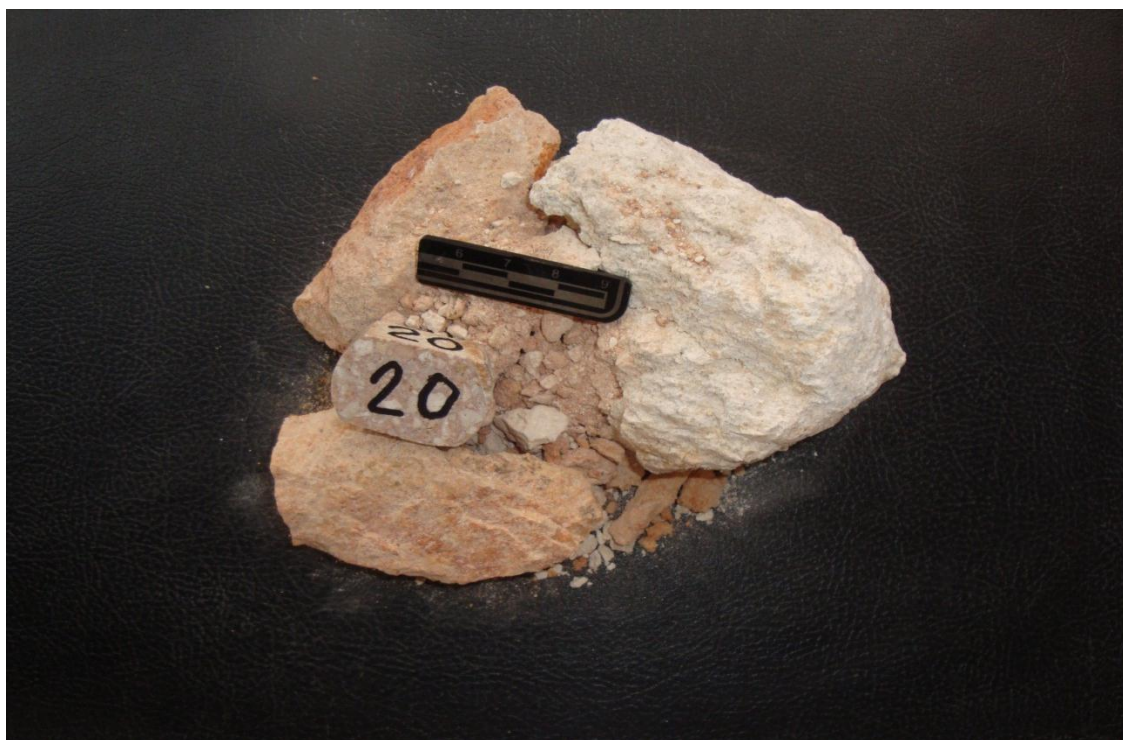
Materia mineral: compuesta por pirita se observa mayor porcentaje de materia mineral.



Fuente: Autores

Figura 66 Histograma de la reflectancia de maceral, muestra #19

8.20 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 20



Fuente: Autores

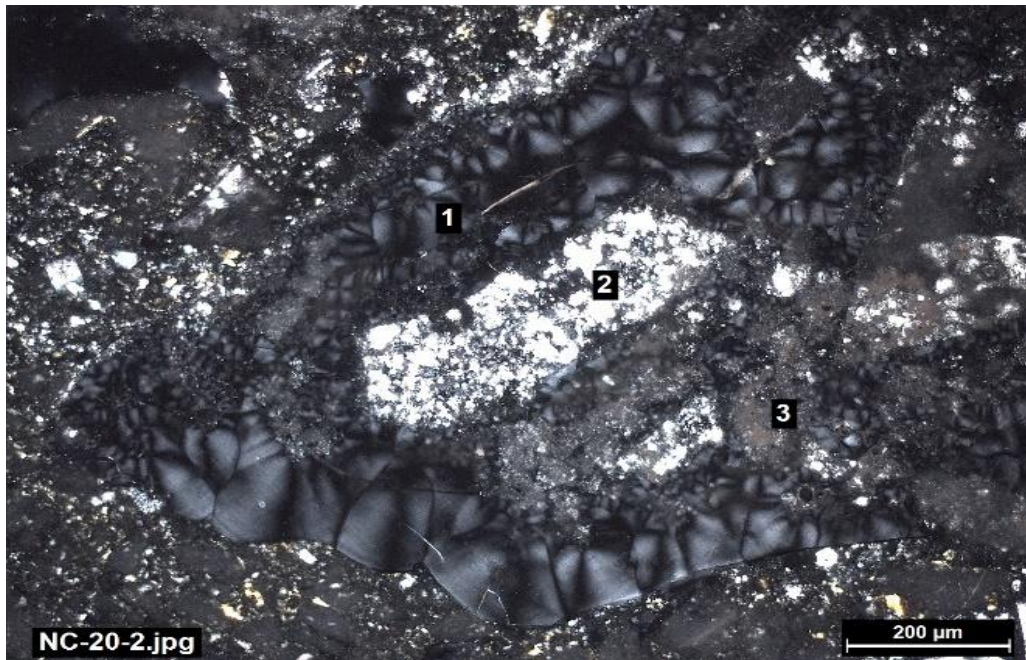
Figura 67 Muestra macro #20

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
5YR 8/1 <i>Moderate Pink and White</i>	Riodacita alterada ígnea efusiva de grano fino, (disgregada) arcilla ferruginosa volcánica muy débil reacción negativo al contacto con HCl. densidad baja con reacción negativa al contacto del imán	Medio
NOMBRE(STRECKISEN)	RIODACITA	
TIPO DE ROCA	IGNEO EFUSIVO	

Fuente: Autores

Tabla 40 Descripción macroscópica muestra #20

8.20.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 20



Fuente: Autores

Figura 68 Sección delgada de la muestra #20 en nicols cruzados



Fuente: Autores

Figura 69 Sección delgada de la muestra #20 en nicols paralelos

R. Ígnea efusiva, Riodacita (Puzolana) contenida en cuarzos de baja temperatura por lo que su matriz a sido transformada en sílice de cristales llamados cristobalita y tridimita de tamaño de entre (3.5μm a 4.0μm)

Channel	Name	Volume [%]
1	Cuarzo	5.74
2	cristobalita	64.63
3	Tridimita	18.55
4	Rutilo	2.29
5	limonita	8.80

Fuente: Autores

Tabla 41 Composición de la sección delgada muestra #20 por Conteo de Puntos

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (200µm a 250µm), angulosos y fracturados con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Limonita habito botroidal de color amarillo producto de alteración de goethita y clorita.

Rutilo (accesorios) Mineral pesado de relieve alto y color amarillo marrón.

Tridimita alteración hidrotermal

Cristobalita cristales formados por un enfriamiento precipitado.

8.21 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 21



Fuente: Autores

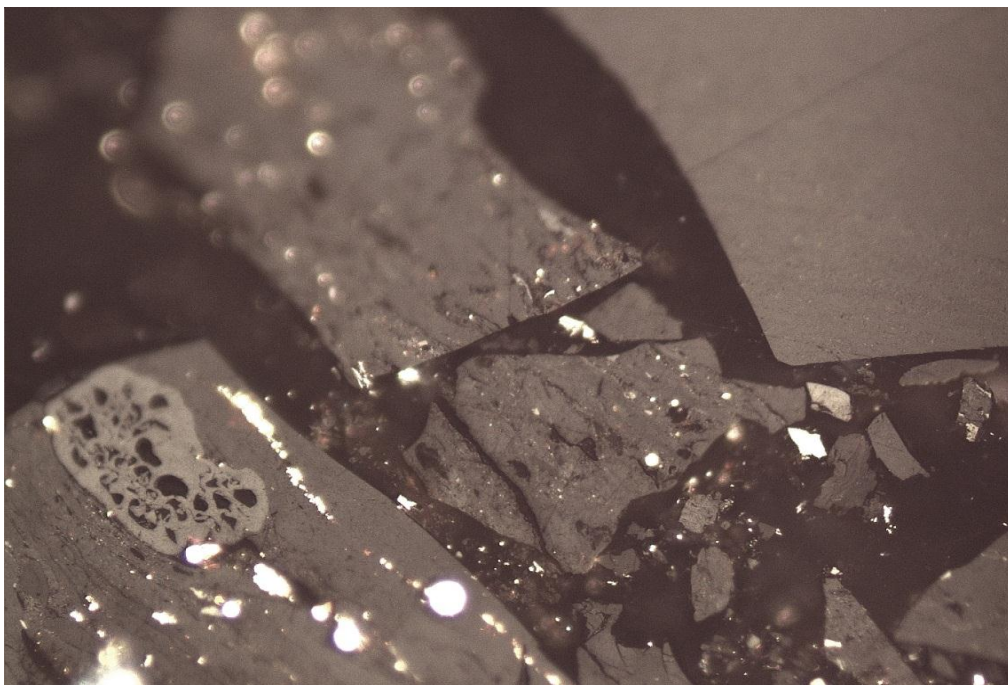
Figura 70 Muestra macro #21

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Matt black</i>	Muestra compacta de fractura irregular bandeado rico en clareno con lentes o bandas finas de 1cm de vitreno y lentes intercalados entre el clareno, el fuseno se presenta esporádicamente. Resistente al golpe del martillo	Bajo
NOMBRE	CABON BITUMINOSO TIPO D	
TIPO DE ROCA	ORGANICA	

Fuente: Autores

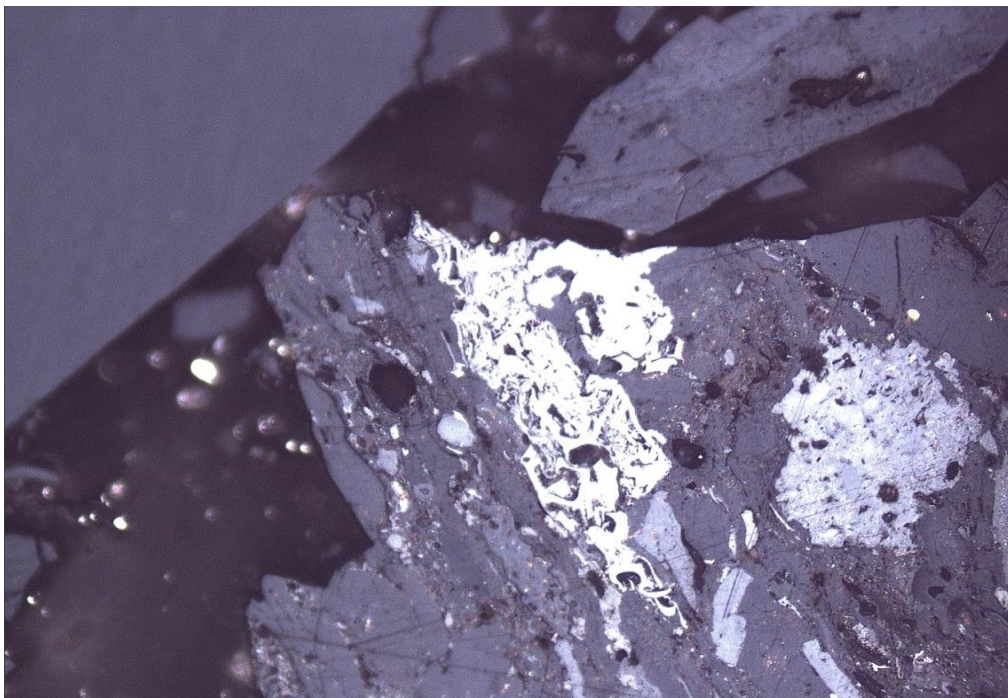
Tabla 42 Descripción macroscópica muestra #21

8.21.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 21



Fuente: Autores

Figura 71 Maceral de la muestra #21 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 72 Maceral de la muestra #21 en nicoles paralelos

Mean value: PRV: 0.5127

Std.-Dev.: 0.0324
 Variance: 0.0011
 Maximum: 0.6072
 Minimum: 0.4298
 Total N: 105

V-Step	Mid-Point	Reflectivity [%]	Number	Volume [%]
0.0	0.050	0.00 to < 0.10	0	0.00
0.1	0.150	0.10 to < 0.20	0	0.00
0.2	0.250	0.20 to < 0.30	0	0.00
0.3	0.350	0.30 to < 0.40	0	0.00
0.4	0.450	0.40 to < 0.50	37	35.24
0.5	0.550	0.50 to < 0.60	66	62.86
0.6	0.650	0.60 to < 0.70	2	1.90
0.7	0.750	0.70 to < 0.80	0	0.00
0.8	0.850	0.80 to < 0.90	0	0.00
0.9	0.950	0.90 to < 1.00	0	0.00

Fuente: Autores

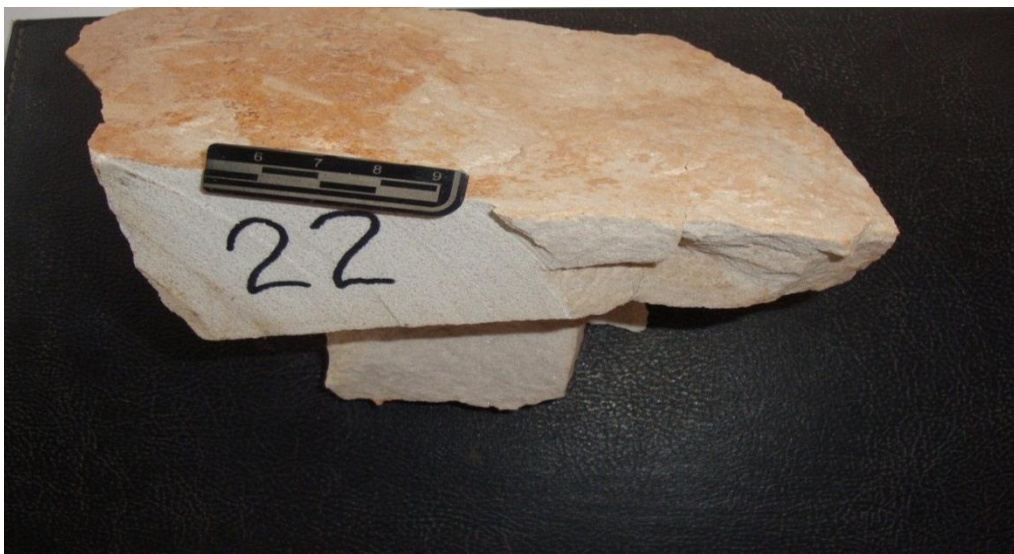
Tabla 43 Datos de la Reflectancia de la Vitrinita, maceral muestra #21

Channel	Name	Volume [%]	Channel
1	vitritina	38.60	6
2	inertinita>	28.85	7
3	<liptinita>	20.86	8
4	M. mineral>	11.70	9

Fuente: Autores

Tabla 44 Composición del maceral muestra #21 por Conteo de Puntos

8.22 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 22



Fuente: Autores

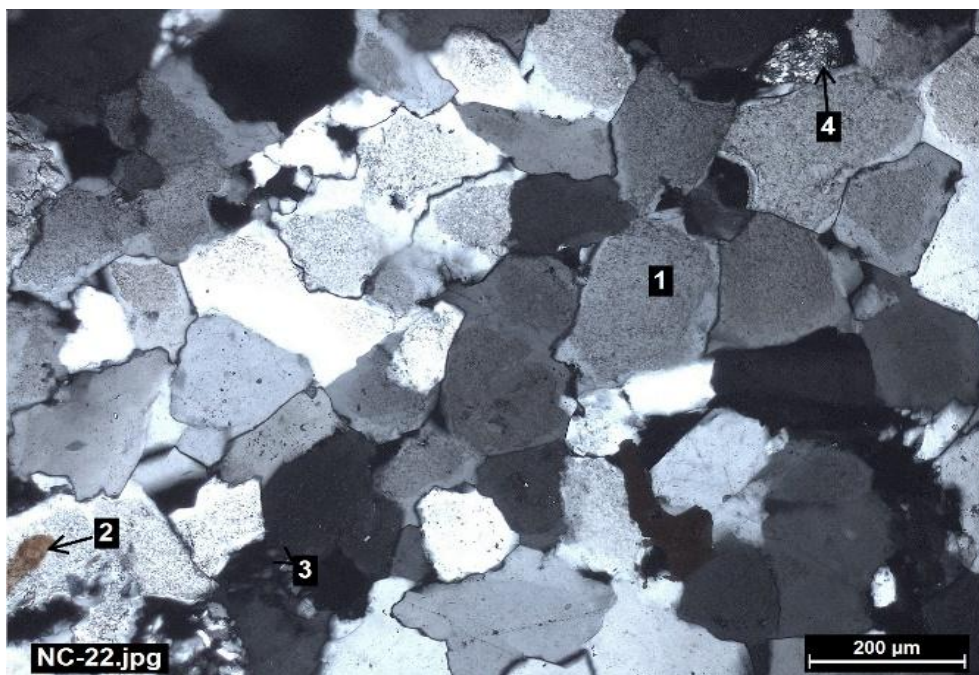
Figura 73 Muestra macro #22

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
9 White	<p>Roca sedimentaria madura bien consolidada detrítica el tamaño de los granos arena fina a medio siendo el valor predominante de arena fina. Los granos están constituidos por cuarzo (97%), el cemento es silicio. La estructura es masiva a levemente estratificada.</p> <p>Muy resistente al golpe del martillo, reacción negativo al contacto con HCl. densidad alta con reacción negativa al contacto del imán, no tiene raya.</p>	Bajo
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO ARENITA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

Tabla 45 Descripción macroscópica muestra #22

8.22.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 22



Fuente: Autores

Figura 74 Sección delgada de la muestra #22 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 75 Sección delgada de la muestra #22 en nicoles paralelos

Roca cuarzoarenita sedimentaria cuarzoarenita súpermadura con presencia de trazas de minerales opacos.

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	97.0
2	MOSCOVITA	1.0
3	ZIRCON	1.0
4	RUTILO	1.0

Fuente: Autores

Tabla 46 Composición de la sección delgada muestra #22 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es saturado, subesférico, subredondeado, muy bien seleccionada y madura.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales de tamaño variado (100µm a 300µm), con extinción ondulante y alta birrefringencia.

8.23 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 23



Fuente: Autores

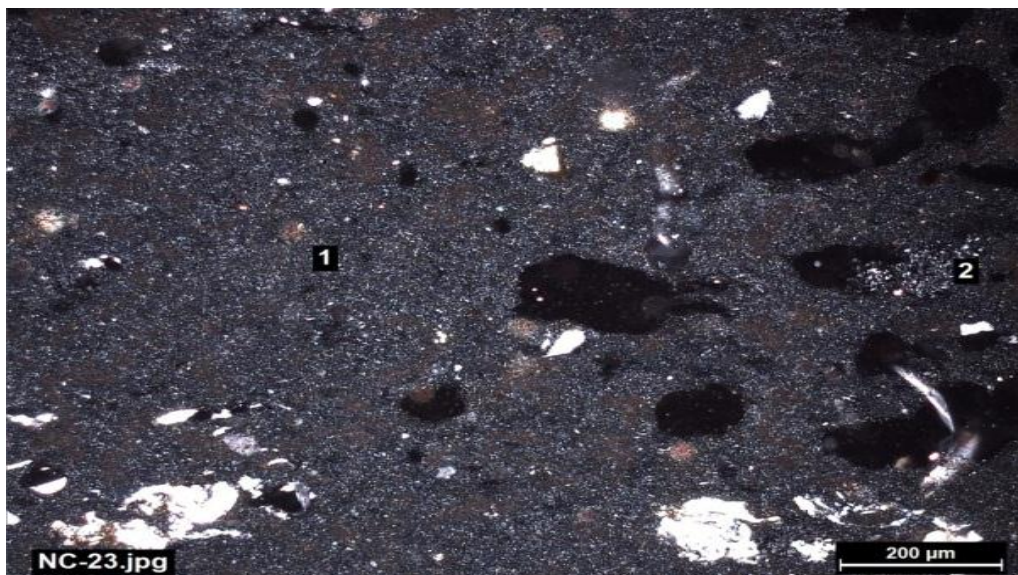
Figura 76 Muestra macro #23

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
10R 7/4 <i>Grayish Orange</i>	Lidita textura de rompimiento muy regular, representa estructuras vacías de micro fósiles (cuarzo criptocristalino), su formación es en fango silíceo presenta manchas verdes de arcilla que se transforman en bicarbonato u otro material blando debido a su origen, la lixiviación hace que tenga apariencia de porosidad superficial rompe en forma de panelitas, muy resistente al golpe del martillo, reacción negativo al contacto con HCl. densidad alta con reacción negativa al contacto del imán, no tiene raya.	Bajo
NOMBRE (DUNHAM)	LIDITA	
TIPO DE ROCA	ORTO QUIMICA IMPURA	

Fuente: Autores

Tabla 47 Descripción macroscópica muestra #23

8.23.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 23



Fuente: Autores

Figura 77 Sección delgada de la muestra #23 en nicols cruzado



Fuente: Autores

Figura 78 Sección delgada de la muestra #23 en nicols paralelos

R. lidita orto química impura con presencia de minerales translucidos (cuarzo de baja microporosidad)

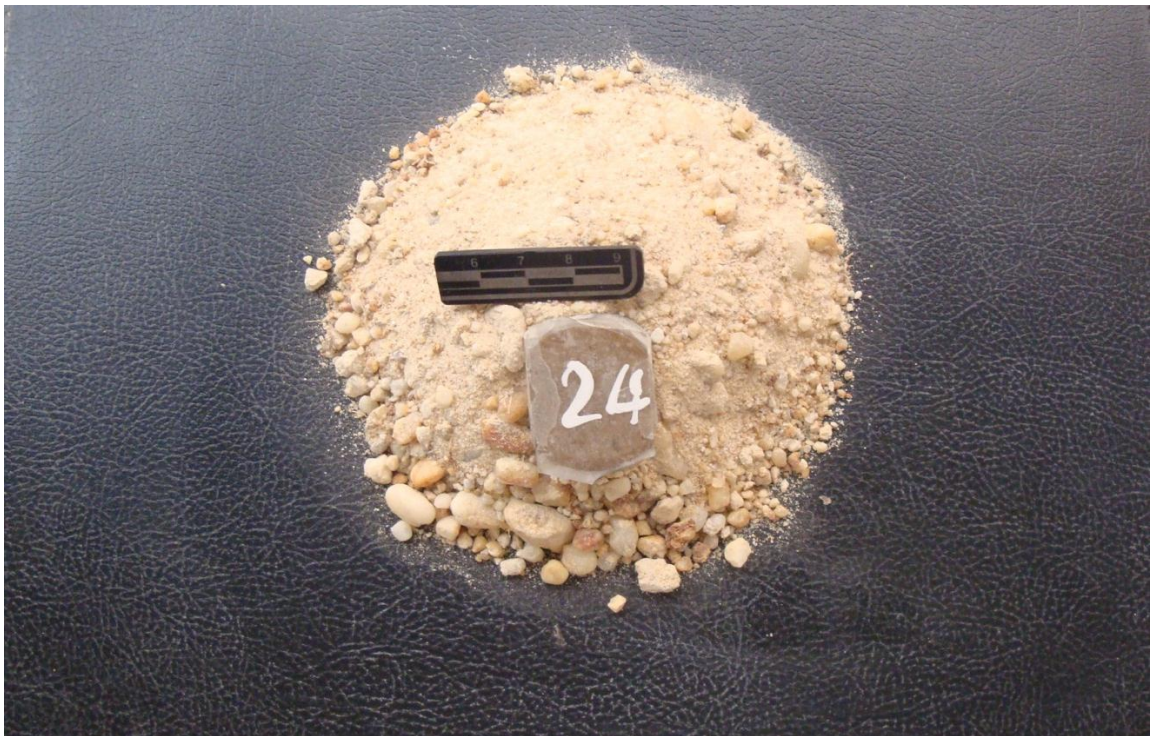
Channel	Name	Volume [%]
1	cuarzo criptocristalino	67.99
2	fosiles	0.54
3	fosiles reemplazados en calcedonia	13.74
4	arcilla con sílice	17.72

Fuente: Autores

Tabla 48 Composición de la sección delgada muestra #23 por Conteo de Puntos

Cuarzo cristales de tamaño variado (3.5μm a 4.0μm), con extinción ondulante y baja birrefringencia presencia de fósiles y arcilla. Calcedonia mineral de sílice.

8.24 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 24



Fuente: Autores

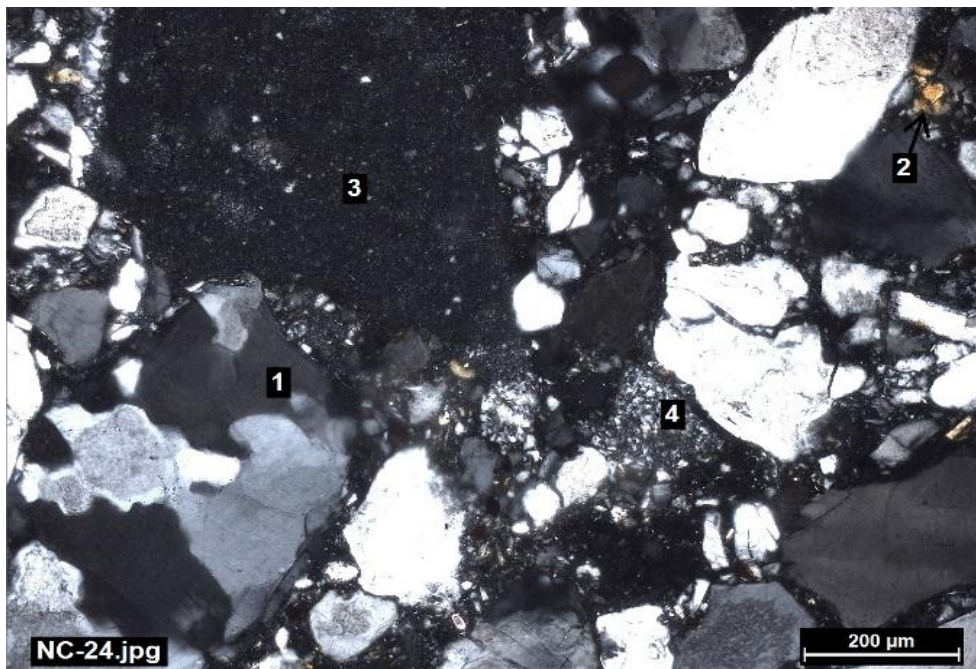
Figura 79 Muestra macro #24

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
<i>Grayish orange</i> 10YR 7/4	Roca sedimentaria disgregada, el tamaño de los granos fue seleccionado en diferente tamiz, granos están constituidos por cuarzo (97%), Reacción negativo al contacto con HCl. Densidad baja con reacción negativa al contacto del imán.	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

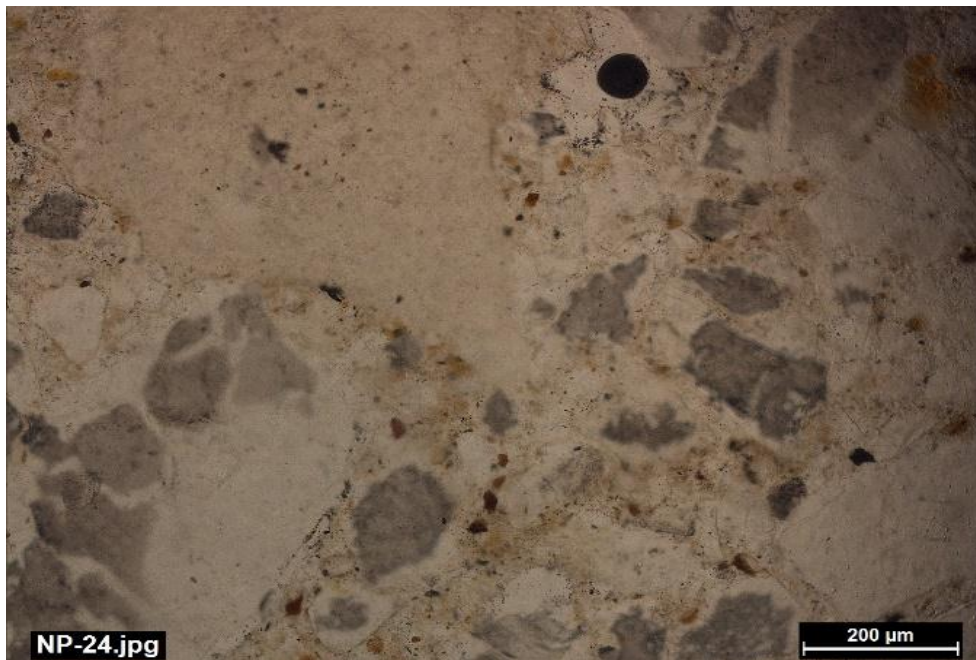
Tabla 49 Descripción macroscópica muestra #24

8.24.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 24



Fuente: Autores

Figura 80 Sección delgada de la muestra #24 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 81 Sección delgada de la muestra #24 en nicoles paralelos

Sedimentaria clástica Cuarzo grawaca conglomerática sedimentaria compuesta en su mayor porcentaje por cuarzo con trazas de minerales traslucidos.

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	97.0
2	MOSCOVITA	1.0
3	CLORITA	1.0
4	LIMONITA	1.0

Fuente: Autores

Tabla 50 Composición de la sección delgada muestra #24 por Conteo de Puntos

Su empaquetamiento es cóncavo-convexo, elongado, angular, muy pobremente seleccionada e inmadura. Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 300µm), angulosos y fracturados con extinción ondulante y baja birrefringencia. Clorita cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita. Líticos de Arcilla ferruginosa color rojizo marrón se presenta como armazón donde están contenidos clastos y de más.

8.25 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 25



Fuente: Autores

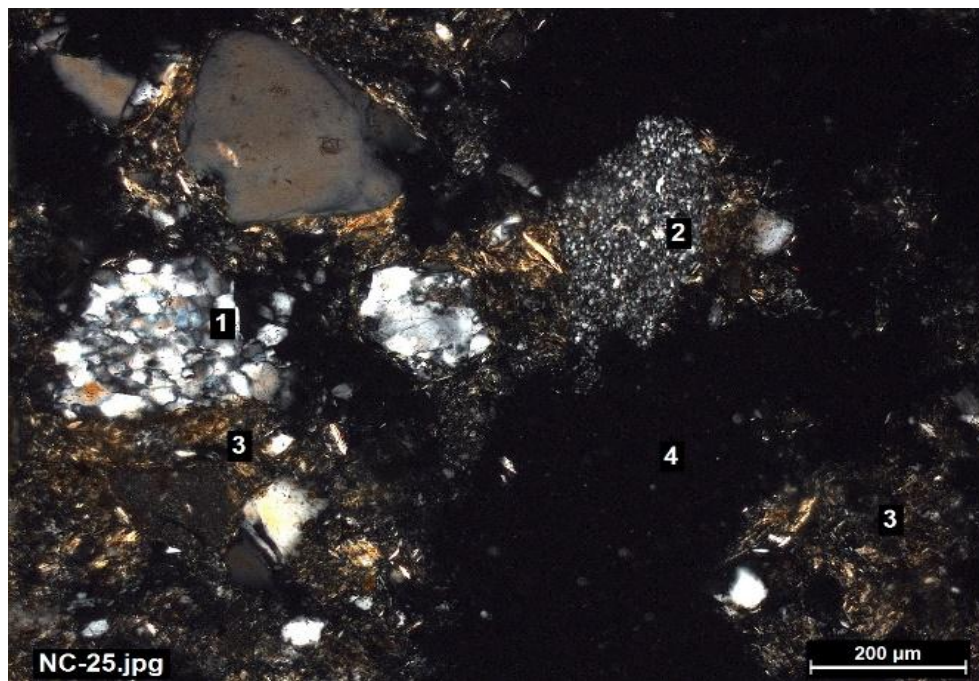
Figura 82 Muestra macro #25

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
Dark greenish gray 5GY 4/1	Arcilla sedimentaria de origen detrítico consistencia blanda a compresión manual. Levemente untuosa al tacto. Grano fino. No presenta reacción al HCl, ausencia de propiedades magnéticas moderado grado de alteración.	Alto
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

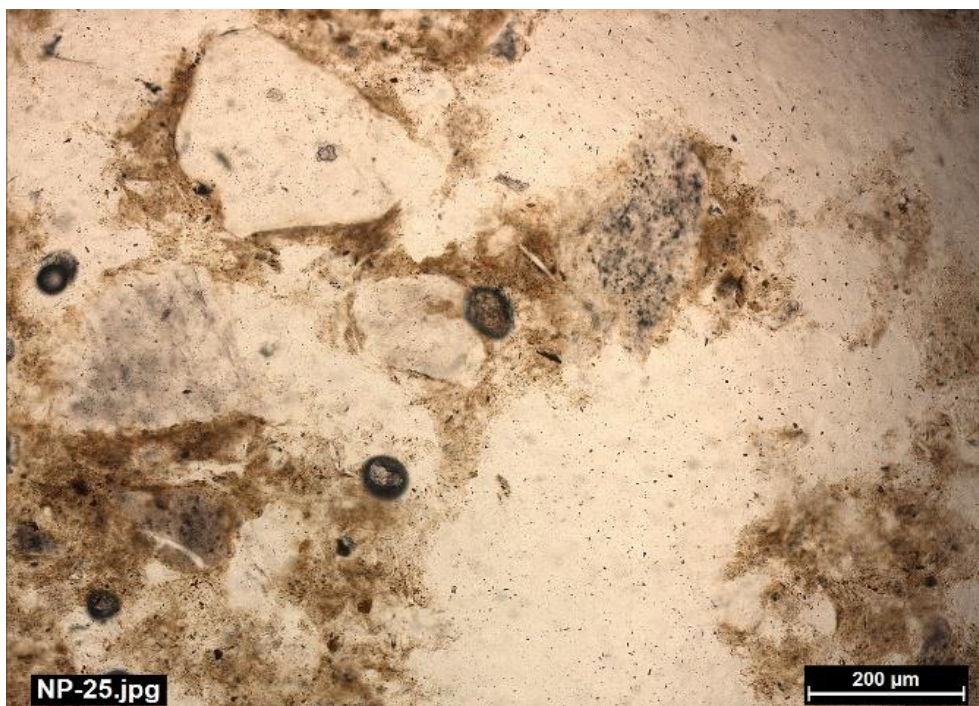
Tabla 51 Descripción macroscópica muestra #25

8.25.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 25



Fuente: Autores

Figura 83 Sección delgada de la muestra #25 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 84 Sección delgada de la muestra #25 en nicoles paralelos

R. Sedimentaria arcillolimosa lodolita con presencia de minerales traslucidos (cuarzo, ortoclasa y plagioclasa) y opacos (goethita). Baja microporosidad.

Channel	Name	Volume [%]
1	CUARZO	40.0
2	ARCILLA	56
3	CLORITA	1.6
4	LIMONITA	1.0
5	OPACOS	1.4

Fuente: Autores

Tabla 52 Composición de la sección delgada muestra #25 por Conteo de Puntos

8.26 DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA MUESTRA # 26



Fuente: Autores

Figura 85 Muestra macro #26

COLOR	CARACTERÍSTICAS DISTINTIVAS	GRADO DE METEORIZACION
5YR 4/4 <i>Moderate Brown</i>	Roca sedimentaria detrítica, ferruginosa disgregada de grano fino compuesta por minerales traslucidos de cuarzo en matriz y cemento arcilloso. Reacción negativo al contacto con HCl. densidad media con reacción negativa al contacto del imán.	Medio
NOMBRE (FOLK 1974)	CUARZO GRAWACA	
TIPO DE ROCA	DETRITICA	

Fuente: Autores

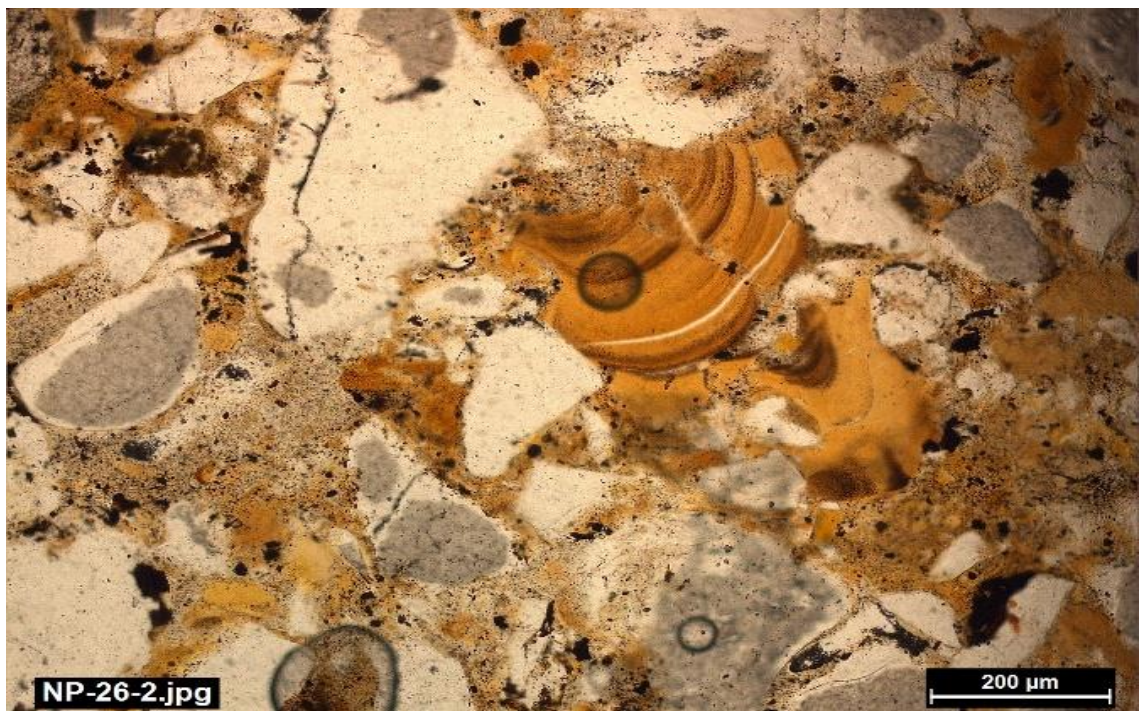
Tabla 53 Descripción macroscópica muestra #26

8.26.1 DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA MUESTRA # 26



Fuente: Autores

Figura 86 Sección delgada de la muestra #26 en nicoles cruzados



Fuente: Autores

Figura 87 Sección delgada de la muestra #26 en nicoles paralelos

Arcilla férrica contiene clorita férrica, amarillo oxidada tipo goethita.

Grawuaca ferrica Roca sedimentaria de grano fino a medio con presencia de minerales traslucidos (cuarzo, ortoclasa y plagioclasa) y opacos (goethita). Baja microporosidad.

Channel	Name	Volume [%]
1	Cuarzo	44.73
2	Clorita Ferrica	30.55
3	Goethita	4.72
4	Arcilla	20

Fuente: Autores

Tabla 54 Tabla 54 Composición de la sección delgada muestra #26 por Conteo de Puntos

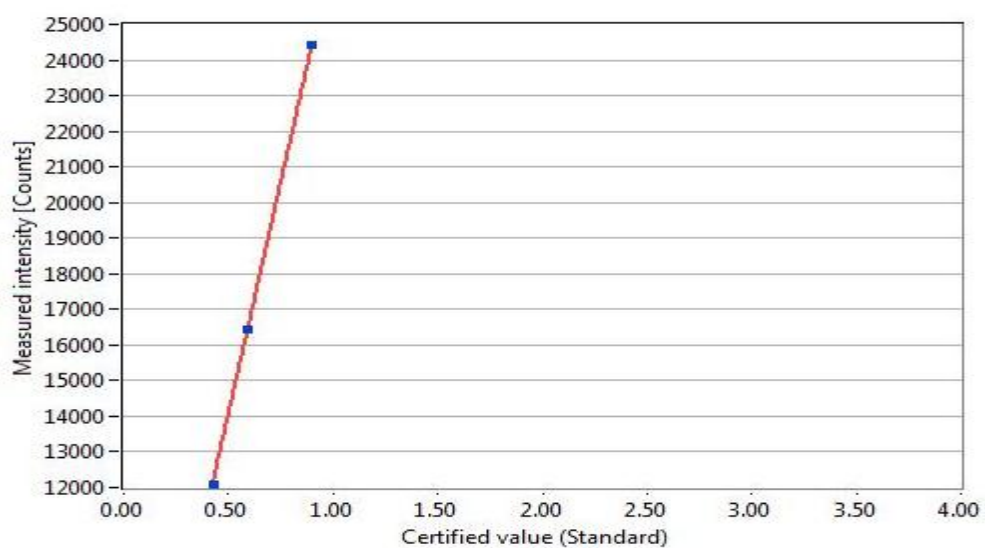
Su empaquetamiento es flotante, subelongado, subredondeado, moderadamente seleccionada y submaduro.

Roca sedimentaria con presencia de minerales traslucidos (cuarzo, ortoclasa y plagioclasa) y opacos (goethita). Baja microporosidad.

Cuarzo cristales monominerales y poliminerales anhedrales de tamaño variado (40µm a 300µm), angulosos con extinción ondulante y baja birrefringencia.

Goethita Se presenta con habito botroidal y reticular en formas irregulares con degradación a limonita, (con pérdida de partes internas de algunos cristales) asociada los minerales traslucidos (cuarzo y clorita).

Clorita cristales finos aciculares y fibrosos entramados de color verde con alteración a limonita.



Fuente: Autores

Figura 88 certificado de validez para la evaluación de los macéales

Standard Name	Certified Value	Measured
ESPINEL	0.4260	12108.3
saphir	0.5950	16423.6
YAG	0.9020	24438.6

Quality of calibration: 0.999968 (Zero Point: Ignore - Order: 1)

Date of calibration: 2016/09/21 15:31

Device serial: 5 SW Version: 3.41

9. RESULTADOS

El análisis petrográfico realizado sirvió para definir con precisión las características de cada material, determinando su viabilidad para ser explotados de acuerdo a su uso específico en la industria e ingeniería. De acuerdo a los resultados obtenidos, se presenta a continuación los recursos minerales destacados para su explotación, ordenándolos por municipio con base en los títulos mineros estudiados:

9.1 PAIPA

En este municipio se analizaron diez (10) muestras de roca, clasificando cada material, definiendo cuales son aprovechables económicamente de acuerdo su riqueza mineral, siendo viable su explotación. Igualmente, se definieron cuales, de acuerdo a su composición, no resultan útiles por su alto costo de explotación. La conclusión de estos resultados se presenta en la siguiente tabla:

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
1	Químico	Tilatá (Tst)	Goethita	Productos térmicos e industria cementera.
2	Detrítico	Tilatá (Tst)	Cuarzo Grawaca	Productos térmicos e industria cementera.

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
3	Detrítico	Tilatá (Tst)	Cuarzo Grawaca	Productos térmicos e industria cementera.
4	Detrítico	Tilatá (Tst)	Grawaca	Bajo interés minero
5	Efusiva	Tilatá (Tst)	Riolita porfirítica	Aditivos en la industria cementera, en procesos cerámicos.
6	Detrítico	Tilatá (Tst)	Grawaca Feldespática	Bajo interés minero
7	Vulcano-Sedimentario	Tilatá (Tst)	Grawaca Feldespática	Bajo interés minero
8	Detrítico	Une (Kmu)	Cuarzo arenita	Producción de vidrio, lijas, cimentaciones de construcción.
12	Detrítico	Tilatá (Tst)	Cuarzo Grawaca	Bajo interés minero

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
13	Detrítico	Une (Kmu)	Cuarzo arenita	Usada para cimentaciones, y demás.

Fuente: Autores

Tabla 55 Usos posibles de los minerales encontrados en el municipio de Paipa

9.2 FIRAVITOBA

En Firavitoba se realizó un ejercicio idéntico al efectuado en Paipa, obteniendo los siguientes resultados:

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
9	Detrítico	Une (Kmu)	Cuarzo Grawaca	Construcción, limpieza de láminas de acero a presión, para fabricar filtros para impermeabilizar.
10	Detrítico	Une (Kmu)	Cuarzo Grawaca	Bajo interés minero
11	Detrítico	Tibasosa (Kit)	Cuarzo Grawaca	Bajo interés minero
14	Aloquímica Impura	Tibasosa (Kit)	Caliza Biomicrita	Industria cementera y siderúrgica.

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
18	detritico	Une (Kmu)	Cuarzo Grawaca	Bajo interés minero

Fuente: Autores

Tabla 56 Usos posibles de los minerales encontrados en el municipio de Firavitoba

9.3 IZA

Las conclusiones de las muestras encontradas en los títulos mineros de este municipio se presentan a continuación:

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
19	Orgánico	Guaduas (KTg)	Carbón Bituminoso Tipo D	Termoeléctricas
20	Ígneo efusivo	Riolitas de Iza (Tri)	Riodacita	Aditivo para cemento.
21	Orgánico	Guaduas (KTg)	Carbón Bituminoso Tipo D	Termoeléctricas

Fuente: Autores

Tabla 57 Usos posibles de los minerales encontrados en el municipio de Iza

9.4 CUITIVA

A continuación se presentan las conclusiones de las muestras analizadas del municipio de Cuitiva:

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
15	Detrítico	Chipaque (Kse)	Cuarzo arenita	Producción de vidrio, cimentaciones, recebo de materiales de construcción.
16	Detrítico	Labor y los pinos (Ksgp)	Cuarzo Grawaca	Bajo interés minero
17	Detrítico	Dura y plaeners (Kg2)	Cuarzo arenita	Excelente para insumos en la industria de la construcción.

Fuente: Autores

Tabla 58 Usos posibles de los minerales encontrados en el municipio de Cuitiva

9.5 PESCA

De las muestras analizadas del municipio de Pesca se define lo siguiente:

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
22	Detrítico	Une (Kmu)	Cuarzo arenita	Cimentaciones y materiales de construcción.

No. Muestra	Origen	Formación	Nombre de Roca	Usos posibles
23	Orto química Impura	Picacho (Tep)	Lidita	Bajo interés minero
24	Detrítico	Concentración (Toc)	Cuarzo Grawuaca	Cimentaciones y materiales de construcción.
25	Detrítico	Socha inferior (Tpss)	Cuarzo Grawuaca	Alfarería
26	Detrítico	Churuvita (Ksch)	Cuarzo Grawuaca	Mineral inutilizable.

Fuente: Autores

Tabla 59 Usos posibles de los minerales encontrados en el municipio de Pesca

10. CONCLUSIONES

Al finalizar la redacción del informe final de la investigación se puede obtener las siguientes conclusiones:

- Se elaboró el mapa topográfico, geológico y geomorfológico identificando el área de estudio, permitiendo la observación de las formaciones y unidades morfo-métricas, ubicadas dentro de los títulos mineros.
- Con la caracterización petrográfica de las veintiséis (26) muestras analizadas de los municipios en cuestión, se obtuvieron diez (10) secciones delgadas del municipio de Paipa, de las cuales, se catalogaron como rocas más significativas cuarzo grawaca, riolita porfirítica y la cuarzo arenita; materias primas de gran interés minero que tienen su principal uso en la industria cementera, razón fundamental para direccionar estudios de explotación en las respectivas áreas.
- En el municipio de Firavitoba se analizaron cinco (5) muestras, en las cuales se encontró cuarzo arenita y caliza biomicrita como rocas de alto interés minero. Partiendo de la premisa que la caliza es uno de los principales materiales de explotación en Boyacá, se identifica una buena oportunidad de negocio, reconociendo como clientes potenciales a empresas como Holcim y Argos.
- En el municipio de Pesca se analizaron cinco (5) muestras, encontrando en ellas la cuarzo arenita y cuarzo grawaca, que son de gran interés minero para cimentaciones y materiales de construcción.
- En el título del municipio de Cuitiva se analizaron tres (3) muestras, dentro de las cuales se encontró la cuarzo arenita, que por su composición mineralógica es excelente para insumos en la industria de la construcción.

- De las tres (3) secciones delgadas analizadas del municipio de Iza se encontraron carbones térmicos de bajo rango, Bituminoso tipo D (normativa ISO 11760-2005), que son utilizados para generación de energía térmica, también se encontró la Riodacita, que es un elemento útil para la cohesión del cemento.
- En general, el proyecto realizado disminuye la incertidumbre geológica lo cual favorece a los títulos de la empresa, que ahora contará con una base de datos completa, con información acertada en la que se precisan las principales materias prima para explotación que se encuentran en sus títulos mineros, sirviendo como referencia y punto de partida para apalancar el desarrollo de próximos trabajos en este tema.

11. RECOMENDACIONES

- Para futuros trabajos en esta línea de investigación, la prioridad debe centrarse en dar continuidad a estudios que permitirían una eventual estimación de los recursos mineros que hay para que puedan ser explotados y sean aprovechados económicamente.
- Se debe desarrollar un análisis técnico más avanzado para obtener la cantidad de recurso mineral, adecuado, para saber si es o no viable la explotación.
- Con el fin de lograr la correlación con la caracterización petrográfica se recomienda hacer análisis químicos del material encontrado dentro de la zona de interés, de cada título minero de la empresa BOYMING. S.A.S. para determinar la diversidad de materias primas.

12. BIBLIOGRAFÍA

EOT de Firavitoba. Gobernación de Boyacá. En.
http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=282.

EOT de Iza. Gobernación de Boyacá. En. http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=282.

EOT de Pesca. Gobernación de Boyacá. En.
http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=282.

GUARIN INSIGNARES, Hellen María. Análisis Estratigráfico, Petrográfico Y Geoquímico De Los Episodios Fosfáticos De La Parte Inferior Y Media Del Grupo Guadalupe En El Sector Central De La Cordillera Oriental, Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, Bogotá, 2011.

HOWELL WILLIAMS, FRANCIS J. TURNER, y CHARLES M. GILBERT. (1972). PETROGRAFÍA, Una Introducción al estudio de rocas y secciones delgadas. Sao Paulo: Editorial Polígono.

HURLBUT DANA. (1960). MANUAL DE MINERALOGÍA. BARCELONA-ESPAÑA: EDITORIAL REVERTÉ, S.A.

Instituto de Higrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a Escala 1:1000. Bogotá D.C., Diciembre de 2013.

GUARIN INSIGNARES, Hellen María. Análisis Estratigráfico, Petrográfico Y Geoquímico De Los Episodios Fosfáticos De La Parte Inferior Y Media Del Grupo Guadalupe En El Sector Central De La Cordillera Oriental, Colombia. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, Bogotá, 2011.

LASPRILLA Molano, Daniel Hernando. Caracterización Petrográfica y Química del Yacimiento de Caliza “Las Monjas”, entre las Coordenadas N 1°122.400-1°123.000; E 1°120.000-1°120.600 (Firavitoba Boyacá). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, 2006.

MANOSALVA S. Sandra R. y Naranjo M. Wilson E. Caracterización Metalográfica De Las Manifestaciones De Mineral De Hierro, Paipa (Boyacá, Colombia), BOLETÍN DE CIENCIAS DE LA TIERRA - Número 20, Junio de 2007 - Medellín - ISSN 0120 - 3630.

POT de Paipa. Gobernación de Boyacá. En.
http://www.dapboyaca.gov.co/?page_id=282.

RODRÍGUEZ PARRA, Antonio José y SOLANO SILVA, Orlando. Mapa Geológico del Departamento de Boyacá, Memoria explicativa. Ministerio De Minas Y Energía Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química “Ingeominas” Enero del 2000. Bogotá, Colombia. 2000. Págs. 24 y 25.

Suarez-Ruiz, I. y Crelling, John. (2008): Applied Coal Petrology Elsevier. Us Geological Survey, en <http://energy.usgs.gov/Coal/OrganicPetrology.aspx>. (Jul-2013). Thomas, Larry. (2013): Coal Geology, 2nd Edition. International Committee for Coal and Organic Petrology, ICCP.

ANEXOS